

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS BIOLOGICAS Y QUIMICAS

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA



**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE UN MÓDULO AEROPÓNICO
PARA EL CULTIVO DE PLÁNTULAS DE PAPA (*Solanun tuberosum* l.) EN LAS
INSTALACIONES DEL FUNDO “LA BANDA” HUASACACHE, JACOBO HUNTER,
AREQUIPA”**

**Tesis para Optar el Título
Profesional de:**

Ingeniero Agrónomo

Presentado por los Bachilleres:

Dávila Vera, Andy Steven

Santos Lazo, Gilbert Wilfredo

Arequipa-Perú

2014

INDICE GENERAL

INDICE.....	I
LISTA DE CUADROS.....	IV
LISTA DE GRAFICOS.....	V
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE ANEXOS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
	Págs.
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II.....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.2 LA AEROPONIA	4
2.3 SISTEMAS AEROPONICOS	5
2.3.1 SISTEMAS AEROPONICOS VERTICALES	5
2.3.2 SISTEMAS AEROPONICOS HORIZONTALES	8
2.3.3 SISTEMA NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE) O RECIRCULANTE	9
2.5 CULTIVO DE PAPA AEROPONICA	10
2.5.1 CLASIFICACION TAXONOMICA	10
2.5.2 MORFOLOGÍA.....	12
2.5.2.1 Brotes.....	12
2.5.2.2 Raíces.....	12
2.5.2.3 Tallos	13
2.5.2.4 Estolones.....	13
2.5.2.5 Tubérculo	13
2.5.2.6 Hojas.....	14
2.5.2.7 Flor	14
2.5.2.8 Fruto, semilla	15

2.6 IMPORTANCIA DE LA SEMILLA - TUBERCULO COMO MEDIO DE PROPAGACION DE PLANTULAS DE PAPA	15
2.7 LA TÉCNICA HIDROPÓNICA EN LA PRODUCCIÓN	16
CAPITULO III	18
MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 UBICACIÓN	18
3.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO	18
3.2.1 Materiales y equipos	18
3.2.2 Construcción del invernadero	261
3.2.3 Construcción de los cajones.....	26
3.2.4 Instalación eléctrica y de gasfitería	30
3.2.5 Instalacion del Timer y nebulizadores	30
3.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL AMBIENTE DE ESTUDIO	31
3.4 EL SISTEMA AEROPÓNICO.....	32
3.5 MATERIAL GENÉTICO	36
3.6 COMPOSICIÓN Y MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA	36
3.7 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	37
3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL	40
3.9 ANALISIS ESTADÍSTICO	40
3.10 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN	41
3.10.1 Variables climaticas	41
3.10.2 Variables agronómicas.....	41
3.10.3 Evaluacion economica.....	41
CAPITULO IV.....	43
RESULTADOS	43
4.1 EVALUACION ECONOMICA	43
4.2 ALTURA DE PLANTA.....	47
4.3 LONGITUD DE RAÍZ	51
4.4 REGRESIONES.....	52
CAPITULO V	56
DISCUSIÓN	56
5.1 EVALUACION ECONOMICA	56
5.2 ALTURA DE PLANTA.....	56

5.3 LONGITUD DE RAÍZ	57
5.4 REGRESIONES.....	57
CAPITULO VI.....	58
CONCLUSIONES	58
CAPITULO VII.....	59
RECOMENDACIONES	59
CAPITULO VIII	60
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	63



INDICE DE CUADROS

	Págs.
Cuadro 1: Especies cultivadas de papa	11
Cuadro 2: Material de laboratorio	18
Cuadro 3: Componentes de la solución nutritiva.....	18
Cuadro 4: Formulación de la Solución Hidropónica La Molina	19
Cuadro 5: Material del sistema aeropónico.....	19
Cuadro 6: Material de invernadero	20
Cuadro 7: Material de los cajones	20
Cuadro 8: Fecha de siembra del ambiente de estudio	37
Cuadro 9: Tratamientos evaluados	39
Cuadro 10: Fuentes de variación y grados de libertad	41
Cuadro 11: Costo del invernadero de 46 m² para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011.	43
Cuadro 12: Costo del sistema aeropónico para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011.	44
Cuadro 13: Costo de construcción de contenedores para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011.	45
Cuadro 14: Costo de soluciones nutritivas para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011	46
Cuadro 15: Costo del material de laboratorio para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011	46
Cuadro 16: Otros costo para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011	46
Cuadro 17: Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 7 ddt para el cultivo de plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012.....	47
Cuadro 18: Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 15 ddt para el cultivo de plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo	

aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012.....	47
Cuadro 19: Prueba de Duncan para altura de planta (cm) para la 15 ddt para el cultivo de plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012.....	48
Cuadro 20: Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 22 ddt para el cultivo de plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012.....	48
Cuadro 21: Prueba de Duncan para altura de planta (cm) para los 22 ddt para el cultivo de plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012.....	48
Cuadro 22: Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 30 ddt para el cultivo de plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012.....	49
Cuadro 23: Prueba de Duncan para altura de planta (cm) para los 30 ddt para el cultivo de plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012.....	49
Cuadro 24: Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 37 ddt para el cultivo de plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012.....	49
Cuadro 25: Prueba de Duncan para altura de planta (cm) para los 37 ddt para el cultivo de plántulas de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012.....	50
Cuadro 26: Promedios de altura de planta para el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum L.</i>) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobó Hunter, Arequipa 2012	50

Cuadro 27: Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) para los 7 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012.....51

Cuadro 28: Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) para los 15 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012.....51

Cuadro 29: Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) para los 22 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012.....52

Cuadro 30: Regresión lineal para temperatura de invernadero (X) y altura de planta (Y) para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012.....52

Cuadro 31: Regresión lineal para temperatura de cajón (X) y altura de planta (Y) para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012.....53

Cuadro 32: Regresión lineal para humedad (X) y altura de planta (Y) para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012.....53

INDICE DE GRÁFICOS

	Págs.
Gráfico 1: Temperatura (°C) media semanal de invernadero y cajón.....	31
Gráfico 2: Humedad relativa media dentro del invernadero	32
Grafico 3: Recta de regresión para la variedad Canchan entre humedad (X) y altura de planta (Y).....	54
Grafico 4: Recta de regresión para la variedad Única entre humedad (X) y altura de planta (Y).....	54
Grafico 5: Recta de regresión para la variedad Tomasa Tito Condemayta entre humedad (X) y altura de planta (Y).....	55
Grafico 6: Altura de planta para los 37 ddt	56



INDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Págs.
Fotografía 1: “L” metálica para acoplamiento de las piezas.....	21
Fotografía 2: Colocación de la piedra pómez.....	22
Fotografía 3 y 4: Técnica de colocado y ajuste del agrofilms.....	23
Fotografía 5: Construcción de los cajones, uso de Tirafones	26
Fotografía 6: Conexión y empalme, parte superior e inferior del armazón	27
Fotografía 7: Instalacion de la manguera	27
Fotografía 8: Corte e instalación de las planchas de tecnopor	28
Fotografía 9: Corte y cobertura de los cajones con plástico negro (A)	28
Fotografía 10: Corte y cobertura de los cajones con plástico negro (B).....	29
Fotografía 11: Instalaciones eléctricas y de gasfitería.....	30
Fotografía 12: Instalación de los nebulizadores	31
Fotografía 13: Construcción de contenedores o cajones de cultivo	33
Fotografía 14: Detalle cabezal de riego.....	33
Fotografía 15: Manguera de riego y nebulizadores en funcionamiento.....	34
Fotografía 16: Plántulas de papa trasplantadas	34
Fotografía 17: Sistema de tutoreo de plantas.....	35
Fotografía 18: Panel de control de riego	35
Fotografía 19: Plantulas adecuadas para el Trasplante.	38

INDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1: Sistema de columnas huecas.....	6
Figura 2: Sistema de paneles enfrentados.....	7
Figura 3: Aeroponía de paneles verticales.....	8
Figura 4: Aeroponía Horizontal.....	9
Figura 5: Medidas del Invernadero tipo bóveda.....	21
Figura 6: Vista Aérea del Invernadero.....	23
Figura 7: Vista Frontal 1.....	24
Figura 8: Vista Frontal 2.....	24
Figura 9: Vista Trasera.....	25
Figura 10: Vista Lateral.....	25
Figura 11: Distribución de los componentes.....	26
Figura 12: Detalle del cajón y sus medidas	29
Figura 13: Esquema del diseño experimental empleado	40

INDICE DE ANEXOS

	Págs.
Anexo 1. Altura de planta (cm) para los 7 ddt.....	64
Anexo 2. Altura de planta (cm) para los 15 ddt.....	64
Anexo 3. Altura de planta (cm) para los 22 ddt.....	64
Anexo 4. Altura de planta (cm) para los 30 ddt.....	64
Anexo 5. Altura de planta (cm) para los 37 ddt.....	65
Anexo 6. Longitud de raíz (cm) para los 7 ddt.....	65
Anexo 7. Longitud de raíz (cm) para los 15 ddt.....	65
Anexo 8. Longitud de raíz (cm) para los 22 ddt.....	65
Anexo 9. Registros de Temperatura (máxima y mínima) y Humedad (máxima y mínima).....	66
Anexo 10. Costos de producción estimados para la instalación de sistema aeropónico.	67
Anexo 11. Vista aérea del Módulo Aeropónico.....	69
Anexo 12. Vista Frontal del Módulo Aeropónico	70
Anexo 13. Vista Frontal del Módulo Aeropónico	71
Anexo 14. Vista Trasera del Módulo Aeropónico.....	72
Anexo 15. Vista Lateral del Módulo Aeropónico	73
Anexo 16. Distribución del Módulo Aeropónico.....	74
Anexo 17. Esquema 2D del Módulo Aeropónico	75
Anexo 18. Detalle del Contenedor	76

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en el fundo “La Banda” perteneciente a la Universidad Católica de Santa María, en el anexo de Huasacache, distrito de J. Hunter, provincia y departamento de Arequipa. La investigación se inició en Enero del 2012 con el objetivo general de diseñar, construir e instalar un Módulo aeropónico para el cultivo de plántulas de papa, altura de planta, longitud de raíz y determinar el efecto de la temperatura y humedad, mediante regresiones lineales sobre las variables a evaluar, finalizando la investigación en Marzo del 2012.

En la implementación del sistema aeropónico para el cultivo de plántulas de papa, se usó tres variedades de papa: Tomasa, Canchan y Única, establecido bajo un diseño de bloque completo al azar (DBCA) con 4 repeticiones. Donde se aplicó ANVA (Análisis de varianza) para el procesamiento estadístico de los resultados obtenidos, comparándose los promedios con la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% en el que se usaron las variables ya antes mencionadas.

De acuerdo a las 4 evaluaciones realizadas, a los 15; 22; 30; y 37 ddt (después del trasplante), la variable Altura de planta fue estadísticamente significativa; siendo la variedad Unica (T2) el cual demostró la mayor diferencia con promedios de 22.66, 36.20, 48.16 y 59.86 cm, frente a las variedades Canchan (T1) y Tomasa Tito Condemayta (T3) siendo esta última la de menores promedios 17.32, 27.84, 34.71 y 44.37 cm. De acuerdo al ANVA de regresión la altura de planta y la humedad muestra significancia para las 3 variedades manteniendo el orden de jerarquía mostrado en las evaluaciones de altura de planta. El costo final de este ensayo fue de S/.5099.17; cuyo costo de un invernadero de 7x6x4.1m. fue de S/.1972.00; costo del módulo aeropónico de 4 contenedores de madera de 4.5x1.2x1m. fue de S/.1443.4; costo del sistema aeropónico lo cual incluye todo el sistema de riego fue de S/.1251.37; costo de material de laboratorio y soluciones nutritivas fue de S/.217.00 y otros costos S/.216.00.

Palabras clave: Sistema aeropónico, variedades de papa, invernadero.

ABSTRACT

This research was conducted under greenhouse conditions at the farm "La Banda" belonging to the Catholic University of Santa Maria, in the annex Huasacache, J. Hunter district, province and department of Arequipa. The investigation began in January 2012 with the overall goal of designing, building and installing a module for aeroponic growing potato seedlings, plant height, root length and determine the effect of temperature and humidity, using linear regressions on variables to assess, ending the investigation in March 2012.

Tomasa, Canchan and Only, established under a design of randomized complete block (RCBD) with 4 replications: In implementing the aeroponic system for growing seedlings of potato, three potato varieties used. Where ANOVA (analysis of variance) was applied for the statistical processing of the results, comparing means with Tukey's test with a significance level of 5% in which the variables as above were used.

According to assessments made 4, at 15; 22; 30; and 37 DAT (after transplantation), the variable Plant height was statistically significant; being the One variety (T2) which showed the greatest difference with averages of 22.66, 36.20, 48.16 and 59.86 cm, compared to Canchan (T1) and Tomasa Tito Condemayta (T3) varieties latter being the lowest averages of 17.32, 27.84, 34.71 and 44.37 cm. According to ANOVA regression plant height and moisture shows significance for the 3 varieties maintaining the order of hierarchy shown in evaluations of plant height. The final cost of this trial was S / .5099.17; the cost of a greenhouse 7x6x4.1m. was S / .1972.00; aeroponic cost of module 4 containers 4.5x1.2x1m wood. was S / .1443.4; cost of aeroponic system which includes all the irrigation system was S / .1251.37; cost of laboratory supplies and nutrient solutions was S / S .217.00 and other costs S / .216.00.

Keywords: aeroponic system, varieties of potato, greenhouse.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La Aeroponía es el proceso de propagar y hacer crecer plantas en el aire. El sentido moderno que se le da a la palabra en la actualidad involucra la ausencia absoluta del uso de sustratos. Esto es, en los sistemas aeropónicos las raíces de las plantas sólo contactan con nubes o pulverizados de solución nutritiva. Cualquier medio mecánico que sirva para el sostenimiento de la planta es entonces el accesorio indispensable para estos tipos de cultivos. (Arano C.R., 1990)

Sin embargo, por lo que se conoce, esto no fue así en los principios de esta técnica. Históricamente la palabra elegida para nombrar esta técnica, aeroponía (“*aeropónica*”), fue inicialmente propuesta en Italia a mediados de los años sesenta. Para entonces el significado que se le intentó dar estaba sólo relacionado con la utilización de los invernáculos en forma completa. En otras palabras, en todo su espacio físico. (Arano C.R., 1990)

Así fue que los contenedores de las plantas fueron ubicados a diferentes alturas ocupando todo el volumen útil de ellos. El espacio aéreo tenía sentido en la búsqueda de mayor productividad de plantas por unidad de superficie real ocupada. El receptáculo donde las raíces prosperan debe mantenerse oscurecido, de forma tal que las algas no se desarrollen por efecto de la luz. Por otra parte, las raíces en el aire dejan de cumplir con una de las funciones para la cual vienen orgánicamente preparadas, la cual es el soporte de la planta. Es por ello que éste debe proporcionársele mecánicamente a través de un agarre artificial, el más sencillo de los cuales son las planchas de tecnopor agujereadas. (Arano C.R., 1990)

En general este método es muy útil para estudios e investigaciones, principalmente en lo referido a la fisiología de las plantas. (Arano C.R., 1990)

Dentro del concepto general de aeroponía se presentan las posibilidades de efectuar la misma en forma vertical u horizontal. En el primer caso se han utilizado varias alternativas, algunas más sencillas de ejecutar y de controlar que otras. (Arano C.R., 1990)

Dentro de sistema aeropónico existen técnicas en el cual la aeroponía horizontal fue originalmente diseñado para estudiar algunos parámetros que afectan el crecimiento de las plantas, consiste en el uso de una densa niebla nutritiva dirigida a las raíces de las mismas. La pulverización es muy fina y es obtenida a través de nebulizadores especiales y filtros

adecuados. Se produce dentro de un gabinete cerrado y en ausencia de luz. En el interior de dicho espacio cuelgan las raíces de las plantas donde se condensan las gotas con nutrientes proveyendo adecuado alimento para el desarrollo y crecimiento del vegetal tratado. (Arano C.R., 1990)

La producción aeropónica de plántulas de papa es una alternativa importante para propagar plantas que sirvan para ensayos de laboratorio y así obtener material libre de patógenos, esta forma de propagación puede darse en condiciones donde haya limitaciones de espacio y por condiciones adversas medioambientales. La papa se propaga de dos maneras: una vía semilla sexual (llamada "semilla verdadera") y otra vía asexual (tubérculo- semilla). (Arano C.R., 1990)

Planteándose como hipótesis de este ensayo: Es posible cultivar papa para la producción de plántulas mediante el diseño y construcción de un módulo aeropónico.

Teniendo como objetivos los siguientes:

Objetivo general:

- Diseñar, construir e instalar un módulo aeropónico para el cultivo de plántulas de papa (*Solanun tuberosum* L.).

Objetivos específicos:

- Diseñar, construir e instalar un módulo aeropónico.
- Obtener costos para la construcción de un Módulo Aeropónico para el Cultivo de plántulas de papa (*Solanun tuberosum* L.).
- Evaluar las características morfológicas de altura de plantas y longitud de raíz de tres variedades de papa mediante un Sistema Aeropónico bajo condiciones de invernadero.
- Determinar el efecto de la temperatura y humedad sobre las variables a evaluar mediante regresiones lineales.

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES.

La aeroponía es un sistema hidropónico donde el sistema radicular de las plantas se encuentra creciendo y desarrollando en un ambiente oscuro sin sustrato, y que continuamente es saturado con micro gotas de solución nutritiva (Christie y Nichols 2004).

El cultivo bajo la técnica aeroponica es una alternativa de los métodos de cultivo sin suelo en ambientes de agricultura protegida. Esta técnica optimiza la aireación de las raíces, que es un factor importante para la producción de cultivos bajo la técnica hidropónica (Soffer y Burger 1988).

Farran y Mingo-Castel (2006), evaluaron bajo condiciones experimentales de invernadero y con equipos sofisticados, el efecto de la densidad de plantación y los intervalos de cosecha en plantas. Encontraron que las plantas de papa cultivar Zorba mostraron un extenso periodo vegetativo, obteniéndose un gran número de estolones a baja densidad de plantas. También encontraron que la formación de tubérculos se aceleró cuando se redujo la aplicación de N, así como los mejores resultados en cosecha cuando se hizo con intervalos semanales.

Nichols (2005), considera que parte de la competitividad de un cultivo de papa en campo, depende del uso de semilla de alta calidad sanitaria y que ésta provenga de un sistema que haya usado pocas multiplicaciones previas en campo. Es en este sentido, el autor resalta que la multiplicación en sistemas aeroponicos puede ayudar a disminuir las necesidades de multiplicación en campo, disminuir los costos de producción asociados al cultivo y aumentar la calidad fitosanitaria final.

Los sistemas basados en aeroponía presentan ventajas adicionales al tema productivo, pues al ser un sistema cerrado, no hay pérdida de agua ni de nutrientes y permite también un buen monitoreo de la sanidad del cultivo a nivel radicular. La desventaja de la aeroponía está en el costo de implementación que presenta, ya que es una técnica de elaboración totalmente mecánica; existe una alta susceptibilidad a un mal funcionamiento, ya que se requiere de una regulación precisa y de un constante control de los niveles de agua y nutrientes. Además, se puede producir la obturación de las boquillas o alguna avería y las plantas pueden ser dañadas

rápidamente en forma irreparable. Para evitar este tipo de problemas es necesario contar con sistema de filtraje de la solución y un monitoreo constante del sistema (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).

Otazú y Chuquillanquí (2007), plantearon un diseño de sistema aeropónico adaptado en el Centro Internacional de la Papa (CIP) para la producción de semillas prebásicas de bajo costo. En su trabajo probaron el sistema adaptado en 3 cultivares peruanos usando materiales y equipos simples con el fin de solucionar los problemas de esterilización de sustratos y poder bajar costos en la producción. Los resultados fueron muy prometedores en condiciones de Sierra Central en el Perú; de 5 a 10 veces más de número promedio de tuberculillos por planta de los cultivares Canchan, Perricholi y Yungay cuando fue comparado con el sistema convencional de macetas. En esta investigación los autores señalan como resultado particular el crecimiento excesivo del follaje y del sistema radicular, así como la prolongación inusual del periodo vegetativo de cada cultivar evaluado.

2.2 LA AEROPONIA

a) DEFINICION

Según la International Society for Soil-less Culture la aeroponía es un sistema donde las raíces están expuestas, de manera continua o discontinua, a un ambiente saturado de finas gotas de una solución nutritiva.

En otras palabras la aeroponía es una forma de cultivo hidropónico en el cual las raíces de las plantas están suspendidas en el aire y el alimento nutritivo es suministrado por una niebla salina y crecen dentro de contenedores vacíos y oscuros. (Arano C.R., 1990)

VENTAJAS DE LA AEROPONIA:

- **Cultivo sin suelo:** el sistema aeropónico permite la producción de plántulas de papa sin el uso de suelo y sustratos, el cual elimina la opción de enfermedades provenientes del suelo y por ende mejora la sanidad de la planta. (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).
- **Menor consumo de fertilizantes:** al utilizar soluciones nutritivas la planta obtiene de manera instantánea el nutriente mediante la absorción por sus raíces, comparado con el sistema convencional el cual el nutriente debe ser asimilado a lo largo de la duración del cultivo no siendo totalmente utilizado por la planta por diversos

factores, no así por el sistema aeropónico. (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).

- **Menor consumo de Agua:** al ser un sistema recirculante, el agua con la solución nutritiva se usa de manera continua, en cual la planta absorbe los nutrientes necesarios y luego es cambiado cada cierto tiempo. (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).
- **Mejor sanidad:** siendo un cultivo bajo invernadero, la asepsia es controlada, no permitiendo el ingreso de plagas o enfermedades al recinto. (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).
- **Mayor número de plantas en menor área:** el sistema aeropónico permite la producción de mayor número de plantas por superficie debido al aprovechamiento del espacio vertical. (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).
- **Mayor desarrollo del cultivo en corto tiempo:** las pulverizaciones continuas permiten a la planta aprovechar al máximo los nutrientes y por ende asimilarlos en corto tiempo lo que influye directamente en desarrollo no solo foliar, sino radicular de la planta. (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).

b) DESVENTAJAS DE LA AEROPONIA:

- **Costo inicial elevado:** el alto costo de construcción e instalación se debe a los materiales utilizados para el invernadero y el sistema hidráulico en su mayoría. (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).
- **Electricidad constante:** el sistema aeropónico requiere de electricidad constante para el funcionamiento del timer y la electrobomba, sin los cuales el sistema no serviría. (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).
- **Calidad del agua:** el agua debe tener ciertas características que permitan la mayor absorción de los nutrientes por la planta, en el cual se recomienda el uso de agua potable para este sistema. (Durán *et al.* 2000, citado por Mateus 2010).

2.3 SISTEMAS AEROPONICOS

2.3.1 SISTEMAS AEROPONICOS VERTICALES

a) SISTEMA DE COLUMNAS HUECAS

Sistema cuya sustentación de las plantas es una columna constituida por 15 unidades de PVC, diseñadas especialmente como macetas cónico-truncadas, con dos bolsillos protuberantes a 180° de distancia.

Estas "macetas" van encajadas firmemente, en forma invertida, como se ve en diagrama.

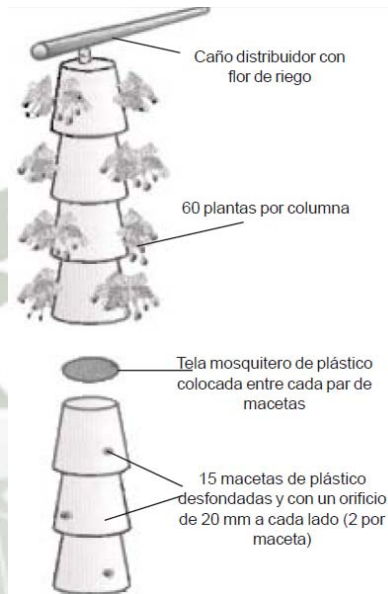


Figura 1: Sistema de columnas huecas.

La solución nutritiva se coloca pulverizada en forma de ducha por la parte superior de cada columna y filtra a través de ella pasando por las mallas que tiene cada pote individual donde están descansando las raíces, produciendo así un mojado constante y pareja de las mismas. (Arano C.R., 1990)

b) SISTEMA DE SUPERFICIES PLANAS INCLINADAS

La base del sistema es un marco metálico o de madera dura, construido en forma de prisma triangular, el cual es el que mantiene la estructura.

Dependiendo de la altura que se le quiera dar a ésta, el triángulo frontal puede ser tanto equilátero, como en el caso italiano con lados de 1 metro de longitud cada uno, como isósceles, usado en la experiencia propia, caso en el cual fue conservada la base de 1 metro pero se incrementó la altura a 1,50 metros.

Ambos costados rectangulares del prisma están constituidos por paneles planos de poliestireno expandido (tecnopor) de 25 a 35 mm de espesor. Los dos frentes triangulares deben estar cubiertos también con plástico negro, lo mismo que la unión superior de las planchas laterales, a los efectos de darle al conjunto la mayor hermeticidad posible a la luz solar, con el objeto de evitar el desarrollo de algas. Todo el sistema se complementa con un caño alimentador y pulverizadores, un tanque de solución nutritiva con recuperero, una bomba adecuada y un "timer" para regular las aplicaciones a intervalos determinados de tiempo. (Arano C.R., 1990).

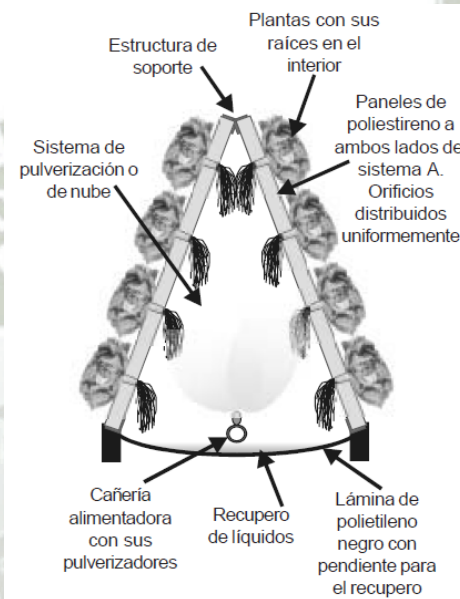


Figura 2: Sistema de paneles enfrentados.

c) AEROPONIA EN PANELES VERTICALES

Consiste en paneles planos de 1 m² c/u, de poliestireno de 3 cm de espesor, enfrentados de a pares a 10 cm de distancia entre sí, y colocados en 4 líneas separadas 80 cm una de otra. Cada una de estas líneas de 10 metros de longitud estaba conformada por 10 paneles por lado. Como en el caso anterior la solución nutritiva se riega entre los paneles a través de un caño distribuidor a lo largo de cada fila. (Arano C.R., 1990).

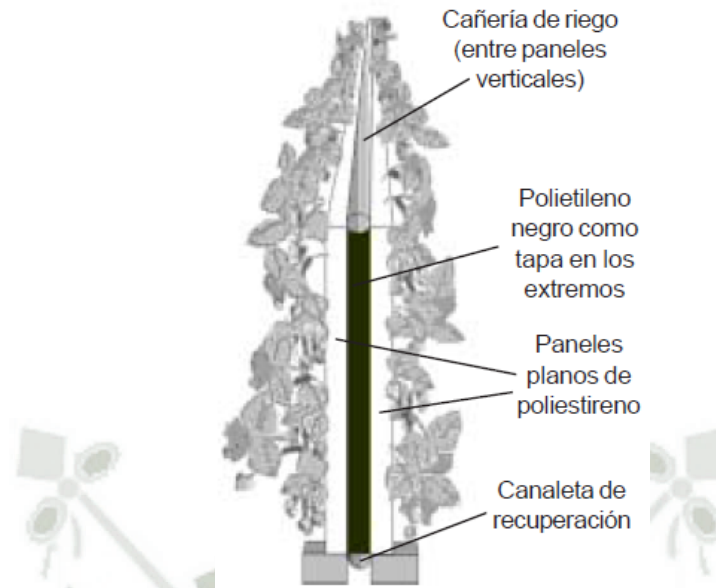


Figura 3: Aeroponía de paneles verticales.

2.3.2 SISTEMAS AEROPONICOS HORIZONTALES

a) AEROPONÍA POR NIEBLA EN PANELES HORIZONTALES

Sistema que usa una densa niebla nutritiva en lugar de la pulverización fina de las partículas mayores usadas en otros sistemas.

Para lograr dicha niebla se utilizó picos adecuados y una electrobomba capaz de enviar la solución nutritiva a presión.

Con una frecuencia entre nebulizaciones de 10 minutos, y duraciones de las mismas de 15 segundos las raíces de las plantas se mantienen húmedas dentro de un gabinete pequeño.

Este gabinete fue construido como un marco de aluminio colocado horizontalmente a unos 60 cm del piso, el cual sirve de soporte a las plantas de lechuga objeto del estudio.

Una parrilla de caños plásticos con los pulverizadores respectivos va colocada a aproximadamente 15 cm del piso dentro de la estructura descrita. Los líquidos condensados vuelven al tanque por una ligera pendiente del film plástico utilizado como piso y son recirculados nuevamente como niebla. (Arano C.R., 1990).

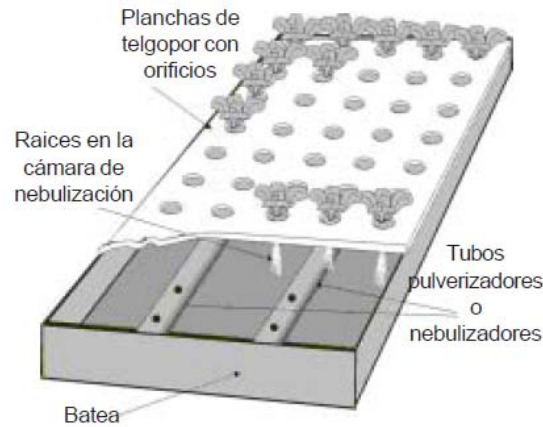


Figura 4: Aeroponía Horizontal.

2.3.3 SISTEMA NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE) O RECIRCULANTE

La NFT es un sistema hidropónico que consiste en la circulación de una película delgada de solución nutritiva por los canales y cañerías del equipamiento a través de las raíces, permite a estas tomar sus alimentos y el oxígeno necesario de dicha solución y del aire circundante.

Esta circulación básicamente se lleva a cabo por la succión a través de una bomba adecuada de la solución nutritiva preparada en un tanque bajo nivel. A través de cañerías, el líquido llega a cada conducto en su parte superior y vuelve por gravedad, corriendo entre las raíces, al tanque ya mencionado, donde la bomba volverá a circularlo. (Arano C.R., 1990).

2.4 FACTORES IMPORTANTES EN LA CONSTRUCCION DE UN INVERNADERO TIPO BOVEDA EN LA PRODUCCION

Este invernadero es un modelo prefabricado, que se usa en el CIP. Es un modelo semicircular cubierto con fibra de vidrio en los lados y con malla antiáfida en los dos frentes. Prefabricado en aluminio y complementado con madera para la construcción de los frentes. Construido con orientación este-oeste. Cuando se usa para la producción de tubérculo-semilla, el piso central es de cemento y los pasillos laterales de grava; las camas están distribuidas a lo largo del invernadero y construidas de madera local que ocupan el 64% del área disponible (Hidalgo, O.A. y H. Rincón (eds.) 1989).

Este invernadero se cubre con una malla sombreadora negra para reducir la incidencia de los rayos solares, lo que ayuda a bajar la temperatura pero oscurece un poco el invernadero. Aún

no está registrado el efecto de la malla sombreadora en el crecimiento de las plantas. (Hidalgo, O.A. y H. Rincón (eds.) 1989).

La antesala de doble puerta es para evitar el ingreso de insectos y desinfección del personal antes de entrar a la sala de producción. (Hidalgo, O.A. y H. Rincón (eds.) 1989).

Este modelo se recomienda mayormente para la producción de semilla sexual de papa, pero también pueden usarse para la producción de tubérculos-semillas. (Hidalgo, O.A. y H. Rincón (eds.) 1989).

El mayor inconveniente de este modelo es que en días de baja luminosidad se oscurece aún más, lo que podría producir ahilamiento de las plantas. La ventaja del modelo es que protege mejor en las horas más frías del día. (Hidalgo, O.A. y H. Rincón (eds.) 1989).

2.5 CULTIVO DE PAPA AEROPONICA

2.5.1 CLASIFICACION TAXONOMICA

Basándose en los caracteres florales la papa ha sido clasificada de acuerdo al siguiente sistema (Egusquiza 1991).

REYNO: Vegetal

DIVISION: Spermatophyta

SU DIVISION: Angiospermas

CLASE: Dicotiledóneas

ORDEN: Solanales - Tubiflorales

SUB ORDEN: Solaninales

FAMILIA: Solanaceae

SUB FAMILIA: Solanoideae

TRIBU: Solanae

SUB TRIBU: Solaninae

GENERO: Solanum

SUB GENERO: Potatoe

SECCION: Petota

SUB SECCION: Potatoe

SERIE: Tuberosa

ESPECIE: Tuberosum

SUB ESPECIE: tuberosum

SUB ESPECIE: andigenum

VARIEDAD: "Unica"

NOMBRE COMUN: Papa (Castellano)

En el Perú la papa cultivada presenta una gran diversidad de especies. Se entiende por papa cultivada a todas las plantas cuyos tubérculos se utilizan para fines alimenticios y económicos. La papa cultivada o papa común se conoce con el nombre linneano de (*Solanum tuberosum* L.) (INIA 1994).

Hay varios sistemas de clasificación de la papa, los cuales se basan principalmente en el número de series y especies reconocidas. Así tenemos tres sistemas de clasificación de las especies según el grado de variación existente, dentro de cada característica usada para diferenciar una especie de otra. Uno de ellos reconoce ocho especies cultivadas y es el universalmente más usado (INIA 1994).

Las ocho especies cultivadas son:

Cuadro 1: Especies cultivadas de papa.

Especies	Numero de cromosomas	Nivel de ploidía
S. x ajanhuiri	$2n = 2x = 24$	diploide
S. goniocalyx		
S. phureja		
S. stenotomum		
S. x chauca	$2n = 3x = 36$	triploide
S. x juzepczukii		
S. tuberosum	$2n = 4x = 48$	tetraploide
ssp. tuberosum		
ssp. andigena		
S. x curtilobum	$2n = 5x = 60$	pentaploide

Fuente: INIA 1994.

La S. es la abreviación de Solanum. La x en un nombre botánico indica que tal especie es un híbrido. ssp. = subespecies

Entre estas ocho especies cultivadas de la Sección Petota, solamente la *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* es cultivada en todo el mundo. Las demás están restringidas en los países andinos donde se encuentra millares de cultivares nativas (INIA 1994).

2.5.2 MORFOLOGÍA.

La papa es una planta dicotiledónea, anual de consistencia herbácea y perenne, conformada esencialmente por un sistema de tallos aéreos, y subterráneos que sostienen las estructuras que realizan las funciones de reproducción (flores, fotosíntesis (hojas), absorción (raíces) y almacenamiento (tubérculos)). Los tallos aéreos están conformados por los tallos principales, tallos secundarios, ramas y tallos estoloníferos (Egusquiza 1991).

Los tallos subterráneos son los estolones y tubérculos; la semilla - tubérculo, estructura para la propagación vegetativa o semilla agronómica, es igualmente un tallo modificado con yemas diferenciadas en brotes (Egusquiza 1991).

2.5.2.1 Brotes

Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los “ojos” del tubérculo. El color del brote es una característica varietal importante. Los brotes pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la base o en el ápice, o casi totalmente coloreados. Los brotes de color blanco cuando se expone indirectamente a la luz se tornan verdes. El extremo basal del brote forma normalmente la parte subterránea del tallo, y se caracteriza por la presencia de lenticelas (INIA 1994).

Después de la siembra esta parte rápidamente produce raíces y luego estolones o tallos laterales. El extremo apical del brote da origen a las hojas y representa la parte del tallo donde tiene lugar el crecimiento del mismo (INIA 1994).

2.5.2.2 Raíces

Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crece a partir de una semilla, forma una delicada raíz axomorfa (raíz principal con ramificaciones laterales), formando en conjunto un sistema fibroso. Sin embargo cuando las plantas se desarrollan a partir de un tubérculo semilla, forman raíces adventicias que inicialmente se originan en los nudos basales de los brotes del tubérculo semilla y posteriormente de los nudos subterráneos del tallo y aun ocasionalmente de los estolones (Huamán1986).

El crecimiento de las raíces inicialmente se concentra en la capa superficial del suelo, posteriormente ocurre la expansión lateral para finalmente continuar con el crecimiento en

profundidad, alcanzando una amplia área absorbente para el agua y nutrientes (Egusquiza 1991).

2.5.2.3 Tallos

El sistema de tallos de la papa consta de: tallos aéreos y subterráneos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un solo tallo principal mientras que las provenientes de tubérculo semilla pueden producir varios tallos. Los tallos laterales son ramas de los tallos principales (INIA 1994).

En un corte transversal, los tallos de papa presentan formas entre circulares y angulares. A menudo, en las márgenes angulares se forman alas o costillas. Las alas pueden ser rectas, onduladas o dentadas. El tallo es generalmente de color verde y algunas veces puede ser de color marrón, rojizo o morado. Los tallos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares debido a la desintegración de las células de la medula. Las yemas que se forman en el tallo, a la altura de las axilas de las hojas, pueden desarrollarse para formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y a veces tubérculos aéreos (INIA 1994).

2.5.2.4 Estolones

Son tallos subterráneos de crecimiento vegetativo (excluidos de luz), presentan hojas rudimentarias no expandidas y en su extremo muestran un “gancho” en cuya porción sub-apical se inicia la tuberización. Estos estolones durante su desarrollo alcanzan diferente tamaño y profundidad, cualidades que concuerdan con el cultivar (precozes: estolones cortos; y tardíos: estolones largos); también ocasionalmente se puede observar la formación de tubérculos a lo largo del estolón (Egusquiza 1991).

2.5.2.5 Tubérculo

Morfológicamente descritos, los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos extremos: el basal, o extremo ligado al estolón, que se llama talón, y el extremo opuesto que se llama apical o distal. Los ojos se distribuyen sobre la superficie del tubérculo siguiendo un espiral, se concentran hacia el extremo apical y están ubicados en las axilas de las hojas escamosas llamadas “cejas”. Según la variedad las cejas pueden ser elevadas superficiales o profundas. Cada ojo contiene varias yemas (INIA 1994).

Los ojos del tubérculo de papa corresponden morfológicamente a los nudos de los tallos; las cejas representan las hojas y las yemas del ojo representan las yemas axilares. Las yemas de los ojos pueden llegar a desarrollarse para formar un nuevo sistema de tallos principales, tallos laterales y estolones. Generalmente cuando el tubérculo ha madurado, las yemas de los ojos están en un estado de reposo y por ello no pueden desarrollarse. Al cabo de cierto tiempo, que depende de la variedad las yemas del ojo apical son las 7 DDTs en salir del reposo. Esta característica se llama dominancia apical. Más tarde las yemas de los otros ojos se desarrollan para convertirse en brotes (INIA 1994).

En la mayoría de las variedades comerciales, la formas del tubérculo varía entre redonda ovalada y oblonga. Además de estas formas, algunos cultivares primitivos producen tubérculos de diversas formas irregulares (INIA 1994).

2.5.2.6 Hojas

Las hojas de la papa cultivada son alternas de filotaxia en espiral, son compuestas e imparipinnadas. La hoja es el conjunto de folíolos primarios y secundarios sostenidos por el raquis y el pecíolo. Los folíolos primarios son los de mayor desarrollo; el folíolo terminal se ubica en el extremo distal, su forma y tamaño relativo en la hoja es característico en los cultivares. Los folíolos primarios son opuestos entre si y se conectan al raquis a través del pecíolo. Los folíolos secundarios se ubican entre los pares de folíolos primarios. La superficie de los folíolos puede ser brillante, lisa, corrugada o ásperas; pubescentes o glabros, de color verde claro u oscuro (Egusquiza 1991).

2.5.2.7 Flor

Las flores se agrupan en inflorescencia del tipo cima, sostenida por el pedúnculo floral que se divide generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se sub – divide en otras dos ramas o pedicelos en cuyo extremo se conecta la base del cáliz de la flor; cuyos ápices pueden tener longitudes y pigmentación característico para el propósito de reconocimiento del cultivar. La flor de papa es completa, perfecta, hermafrodita y pentámera (Egusquiza 1991).

La intensidad de la floración puede ser modificada por las condiciones de crecimiento de la planta pero, en esencia, las características de floración son constantes. Algunos cultivares no florecen por aborto temprano de sus botones florales, otras florecen durante un periodo muy

corto y, otros cultivares florecen durante un tiempo muy prolongado y producen numerosas flores (Egusquiza 1991).

2.5.2.8 Fruto, semilla

Al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya, que contiene numerosas semillas. El fruto es generalmente esférico, pero algunas variedades producen frutos ovoides o cónicos. Normalmente, el fruto es de color verde. En algunas variedades cultivadas, tienen puntos blancos o pigmentados, o franjas o áreas pigmentadas. El número de semillas por fruto llega a más de 200 según la fertilidad de cada cultivar. Las semillas son planas, ovaladas y pequeñas (1000 – 1500 semillas por gramo). Cada semilla está envuelta en una capa llamada testa, que protege al embrión y un tejido nutritivo de reserva llamado endosperma (INIA 1994).

La forma del embrión es generalmente curva como una U y orientado hacia el punto de unión con la placenta (hilium). El embrión tiene dos polos opuestos, de los cuales uno, la radícula, constituye el primordio radicular y el otro, la plúmula, contiene los cotiledones.

Las semillas son conocidas también como semillas verdadera o botánica, para distinguirla de los tubérculos – semillas, o sea tubérculos utilizados para producir cosechas de papa. (INIA 1994).

2.6 IMPORTANCIA DE LA SEMILLA - TUBERCULO COMO MEDIO DE PROPAGACION DE PLANTULAS DE PAPA

La semilla es el principal insumo para desarrollar buenos cultivos. En el caso de papa, el uso de semilla de buena calidad es importante, ya que se emplea para la propagación vegetativa (por medio de sus tubérculos). Un tubérculo-semilla que no esté en condiciones sanitarias, físicas y fisiológicas adecuadas, producirá emergencia no uniforme, un pobre desarrollo de plantas con bajos rendimientos, corriendo además el riesgo de diseminar, involuntariamente, plagas y enfermedades, que se transmiten a través de la semilla de mala calidad (Montesdeoca2005).

De acuerdo con Salas (1995), citado por Mateus (2010) la papa se puede propagar vegetativamente, asegurando la conservación de características varietales durante generaciones sucesivas. Esto es ventajoso en un programa de mejoramiento genético, pero

tiene como desventaja que el tubérculo semilla favorece la diseminación de enfermedades sistémicas si no se tiene en cuenta el control de calidad en un programa de producción.

Por consiguiente, en un programa de producción de tubérculos-semillas, se necesitan técnicas de micro-propagación *in vitro* para producir una gran cantidad de plántulas genéticamente idénticas, partiendo del cultivo de meristemos o yemas. Estos procesos facilitan la obtención de plantas madres que pueden dar origen a otras libres de patógenos. Mediante las técnicas de multiplicación rápida en los invernaderos se busca incrementar los volúmenes de tubérculos-semillas, permitiendo al agricultor el uso de material de alta calidad genética, fisiológica y sanitaria. Así se garantiza el verdadero potencial de las variedades comerciales y los clones avanzados de los programas de mejoramiento genético (Salas 1995, citado por Mateus 2010).

2.7 LA TÉCNICA HIDROPÓNICA EN LA PRODUCCIÓN

Una alternativa presentada por diversos investigadores es el uso de la tecnología del cultivo sin suelo para la producción de semillas de papa. Muchas de estas técnicas se han empleado en varios países para la sustitución de los sistemas convencionales que han sido poco eficientes (Wheeler *et al.*, 1990; Wan *et al.*, 1994; Muro *et al.*, 1997; Ranalli, 1997; Chang *et al.*, 2000; Ritter *et al.*, 2001).

La hidroponía es una técnica que no requiere sustratos debido a que es un sistema en que las plantas crecen en una solución de agua y nutrientes. De esta forma se elimina la necesidad del uso de sustratos y los problemas asociados a ellos: heterogeneidad, disponibilidad, desinfección, extracción de materiales base y eliminación de desechos. (Morgan, 1998; Resh, 2001; Rodríguez *et al.*, 2004).

La hidroponía como técnica de producción presenta ventajas sobre el uso de sustratos, ya que permite cultivos en zonas donde los suelos no lo permiten, ya sea por estar infectados con enfermedades o por estar agotados, permitiendo eliminar la rotación de cultivos o la interrupción de la producción. También se considera una ventaja la utilización de una menor área de cultivo, ya que permite tener una mayor densidad por unidad de superficie de plantas (Jensen 2001, citado por Mateus 2010).

La utilización de técnicas de propagación e indexación de plantas vinculadas a procedimientos más eficientes para la obtención de semilla de papa bajo métodos hidropónicos han tenido impactos positivos en el aumento de la oferta y la mejora y calidad del producto final (Pereira y Daniels 2003).

Sin embargo para Otazú y Chuquillanquí (2007), algunos métodos hidropónicos presentan desventajas importantes relacionadas a espacios limitados para el desarrollo radicular de las plantas, susceptibilidad a una contaminación masiva con patógenos que ingresen a la solución nutritiva y limitada aireación de los tuberculillos producidos. También Wheeler et al (1990) reportaron daños en tuberculillos de papa por la alta concentración de sales en su superficie en sistemas basados en técnicas NFT.

Con el fin de superar estos inconvenientes muchos investigadores han explorado en la técnica de aeroponía como un método alternativo del cultivo sin suelo para la producción de semilla de papa bajo ambientes controlados de invernadero (Farran y Mingo-Castel, 2006).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero, ubicado en el fundo “La Banda”, perteneciente a la Universidad Católica Santa María, en el anexo de Huasacache distrito de Hunter, provincia y departamento de Arequipa (2300 msnm, latitud 16° 25'59" S; longitud 71° 33'23" O).

3.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO

3.2.1 Materiales y equipos

Cuadro 2: Material de laboratorio

Ítem	Unidad	Cantidad
Hipoclorito de sodio al 2%	Galón	1
Jabón liquido	Galón	1
Guantes de látex	Docena	2
Alcohol	Litro	1
Bisturí	Unidad	4

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3: Componentes de la solución nutritiva

Ítem	Unidad	Cantidad
Solución Hidropónica La Molina	Unidad	2
Micronutrientes (Fertilon combi)	Unidad	1
Ácido sulfúrico o fosfórico	Kilogramo	0.5

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4: Formulación de la Solución Hidropónica La Molina

Solución Concentrada A:	
Cantidad de fertilizantes para 5.0 litros de solución	Pesos
Nitrato de potasio 13,5% N, 45% K ₂ O	550.0 g
Nitrato de amonio 33% N	350.0 g
Superfosfato triple 45% P ₂ O ₅ , 20% CaO	180.0 g
Solución Concentrada B:	
Cantidad de fertilizantes para 2.0 litros de solución	
Sulfato de magnesio 16% MgO, 13% S	22.0 g
Quelato de hierro 6% Fe	17.0 g
Solución de micronutrientes	400 ml

Fuente: Centro de Investigación de hidroponía y Nutrición Mineral de La Molina

Cuadro 5: Material del sistema aeropónico

Ítem	Unidad	Cantidad
Tanque de 600 lit.	Unidad	1
Bomba eléctrica de 0.85 HP	Unidad	1
Programador tiempo (Timer) con tablero.	Unidad	1
Cable eléctrico n°12	Metro	100
Tubo negro de polietileno de 16 mm	Metro	30
Tubería de agua pvc de 5m, 1"	Unidad	3
Kit instalación electrobomba	Unidad	1
Unión tipo codo (pvc) de 1"	Unidad	6
Unión tipo T de 1"	Unidad	3
Unión tipo T de ½"	Unidad	3
Unión tipo codo de ½"	Unidad	1
Reductor de ¾" a 1"	Unidad	2
Reductor de ¾" a ½"	Unidad	1
Convector	Unidad	1
Llave de paso tipo bola de 1"	Unidad	4
Llave de paso de ½"	Unidad	4
Válvula de pie	Unidad	1
Manómetro	Unidad	1
Sumidero de 1"	Unidad	4
Microaspersor azul raintec	Unidad	28
Cinta teflón	Unidad	2
Terrajador de 1"	Unidad	1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6: Material de invernadero

Ítem	Unidad	Cantidad
Tubo cuadrado de 1½" x 6m	Unidad	20
Tubo circular de 1½" x 6m	Unidad	4
Tubo cuadrado de 3/8" x 3m	Unidad	6
Cobertor Agrofilms	Metro	50
Malla sombreadora 80%	Metro	8
Malla sombreadora de 40%	Metro	8
Malla antiafida	Metro	5
Tablero nordex	Unidad	1
Electrodos	kilogramo	3
Tornillos autoroscantes	Unidad	50
Pernos + volandas + tuerca	Metro	100
Cerraduras		2
Letreros autoadhesivos	Unidad	2
Plástica negra	Metro	14
Pintura epoxica	Galón	2
Alambre Galvanizado	Kilogramo	3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7: Material de los cajones

Ítem	Unidad	Cantidad
Listones de madera de 2"x 2"x0,94 cm	Unidad	44
Listones de madera de 2"x 2"x0,80 cm	Unidad	32
Listones de madera de 2"x 2"x2,5m	Unidad	24
Planchas de tecnopor de 2"x 2,40 x 1,20m	Unidad	30
Plástica negra gruesa de 3m de ancho	Metro	28
Plástica transparente de 3m de ancho	Metro	15
Plástica negra delgada de 3m de ancho	Metro	10
Espuma de 2 x1,10	Plancha	1
Grapas	Caja	1
Rafia	Metro	72
Cinta adhesiva gruesa	Unidad	2
Empalmes	Unidad	16
Tirafones de ¼"	Unidad	100

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Construcción del Invernadero

El invernadero se diseñó, construyó e instaló basado en una variante del tipo bóveda, este se escogió por sus ventajas al aprovechar la luz diurna en un mayor lapso de tiempo, lo cual resulta beneficioso para el desarrollo foliar de la planta.

La construcción del invernadero se realizó en las instalaciones del Fundo “La Banda” en un área de 46 m².

Antes de instalar se realizó una limpieza y acondicionamiento del terreno, lo que significó el retiro de mala hierba y piedras del terreno, además de su nivelación.

El invernadero consta de una cámara de asepsia de 2x2 m. y el invernadero propiamente dicho de 7x6m. , este fue diseñado para ser móvil en caso de traslado y prefabricado con tubo metálico cuadrado de 1½” para las bases del invernadero, como también los soportes del techo, se utilizó tubo metálico circular de 1½” rolo para la construcción del techo semicircular y por último tubo cuadrado de 3/8” para la construcción de la cámara de asepsia en su totalidad. (Figura 5).

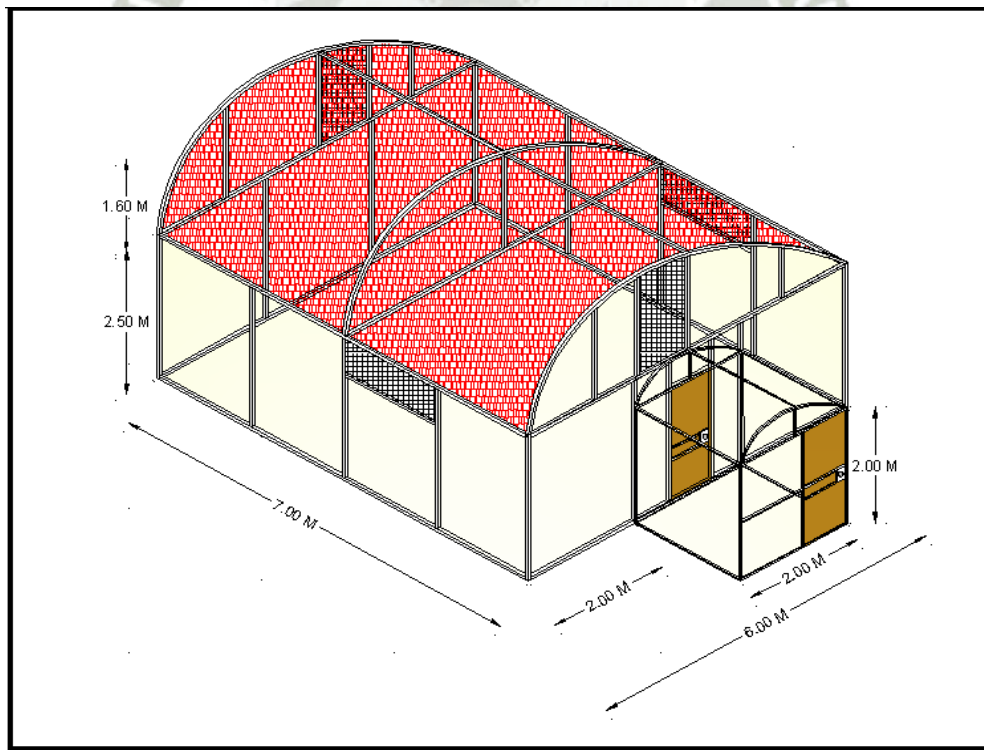


Figura 5: Medidas del Invernadero tipo bóveda.

La instalación del invernadero se realizó utilizando piezas cortadas a medidas especificadas para el invernadero, a cada pieza fueron soldadas una L metálica con orificios donde se ajustaron pernos, lo que permitió el acoplamiento de las piezas. (Fotografía 1).



Fotografía 1: “L” metálica para acoplamiento de las piezas.

Una vez instalada las bases, el techo y la cámara de asepsia, se hecho una capa de 5cm de piedra pomez solo en el area del invernadero para evitar el crecimiento de mala hierba. (Fotografía 2)



Fotografía 2: Colocacion de la piedra pomez.

Terminado el vertido de piedra pómez, se cubrió el invernadero con agrofilms para servir como cubierta, para lo cual se aplicó una técnica de ajuste en zic zac, el cual consiste en rieles de cortinas colocados en las caras externas de los tubos que conforman las bases, soportes,

techos y la cámara de asepsia. Una vez colocados los rieles se sobrepuso el agrofilms sobre los rieles y con una alambre galvanizado previamente deformado en zic zac se comenzó a introducir este hacia la abertura de los rieles empujando el agrofilms hacia el interior ajustándolo, realizando esta actividad en todos las paredes y techo del invernadero. (Fotografía 3 y 4)



Fotografía 3 y 4: Técnica de colocado y ajustate del agrofilms.

Las especificaciones del invernadero para su construcción se presentan a continuación:

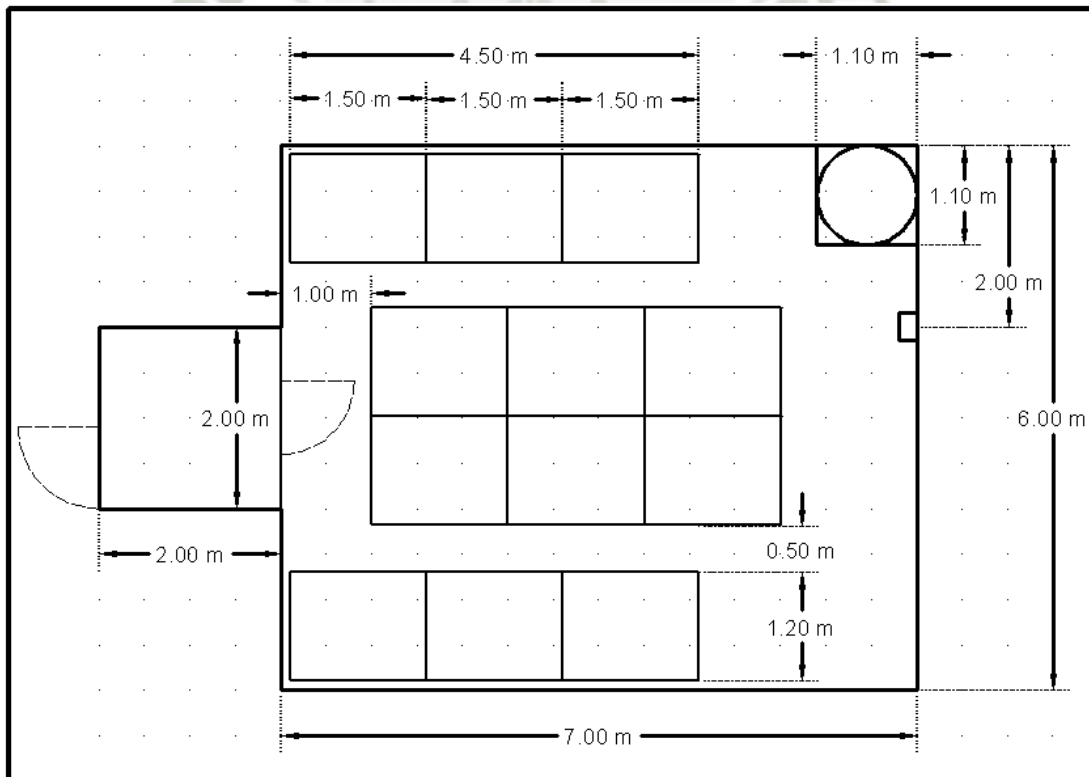


Figura 6: Vista Aérea del Invernadero.

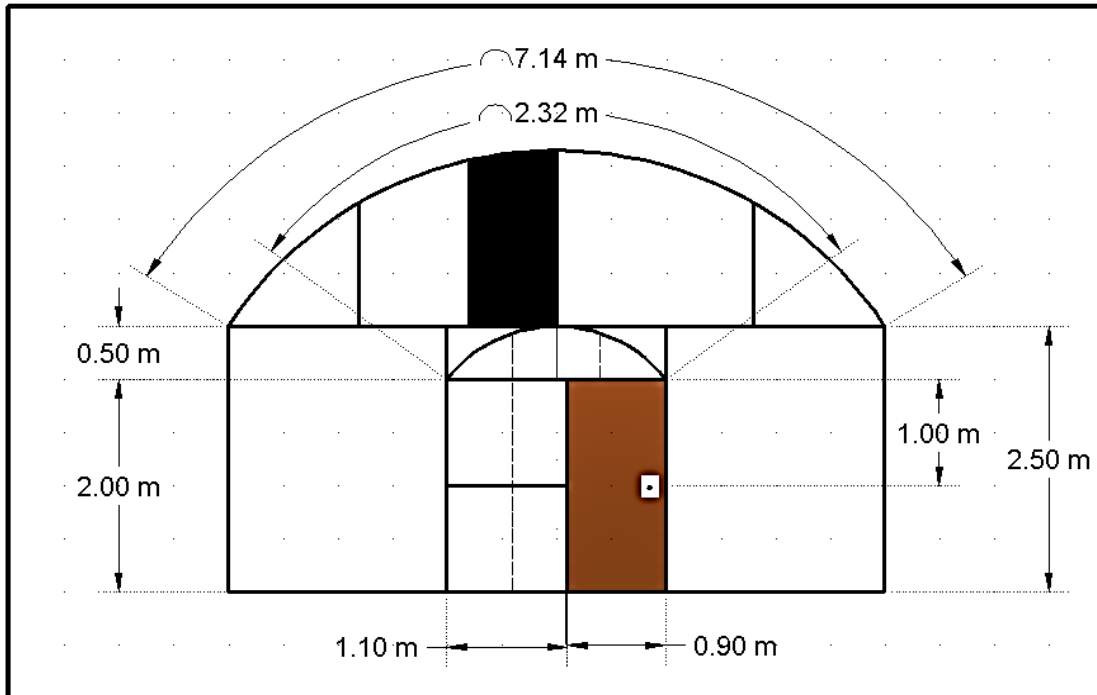


Figura 7: Vista Frontal 1.

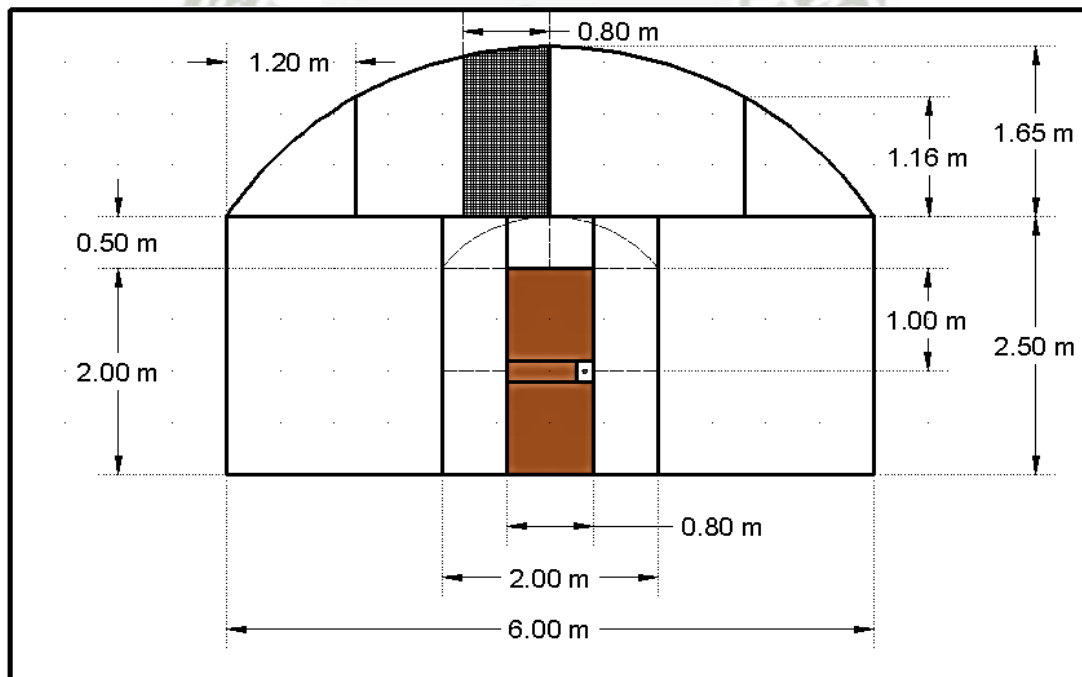


Figura 8: Vista Frontal 2.

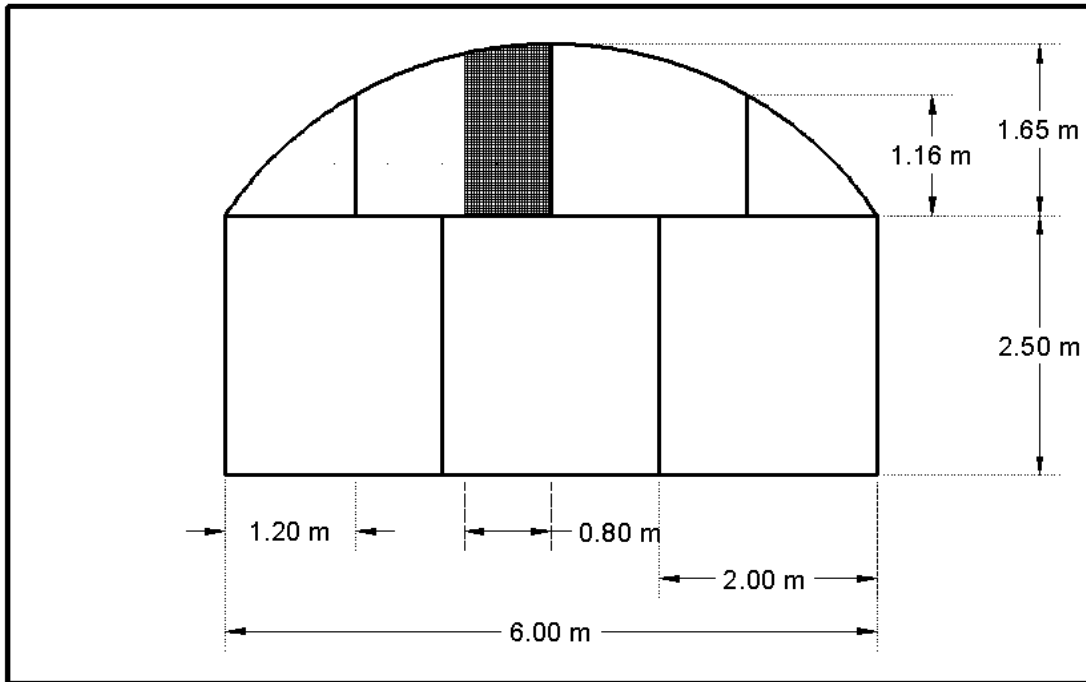


Figura 9: Vista Trasera.

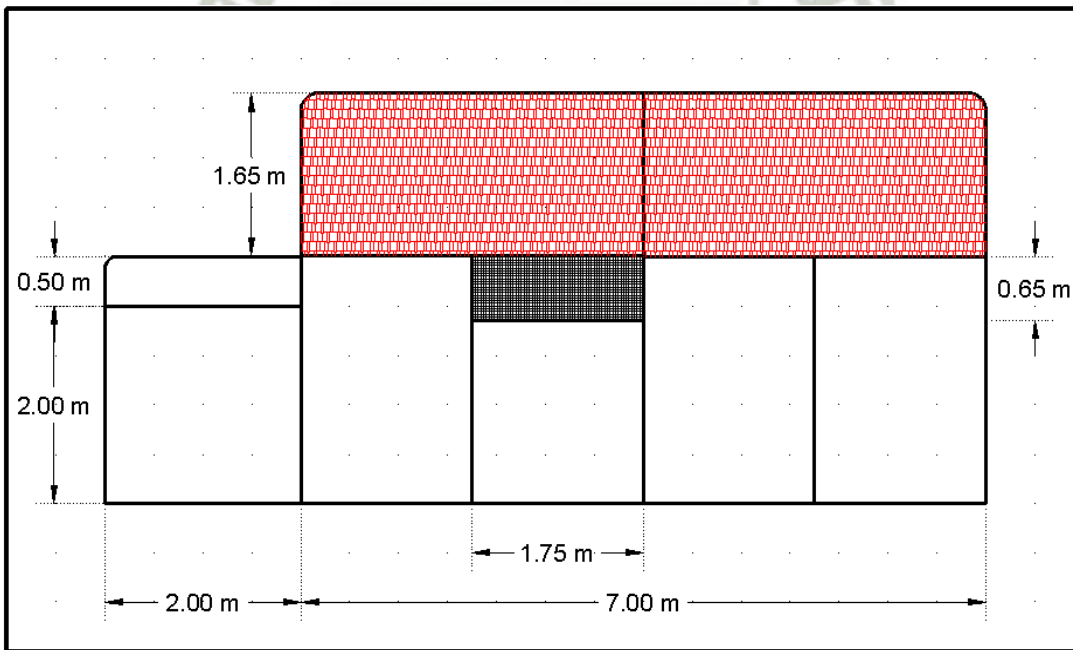


Figura 10: Vista Lateral.

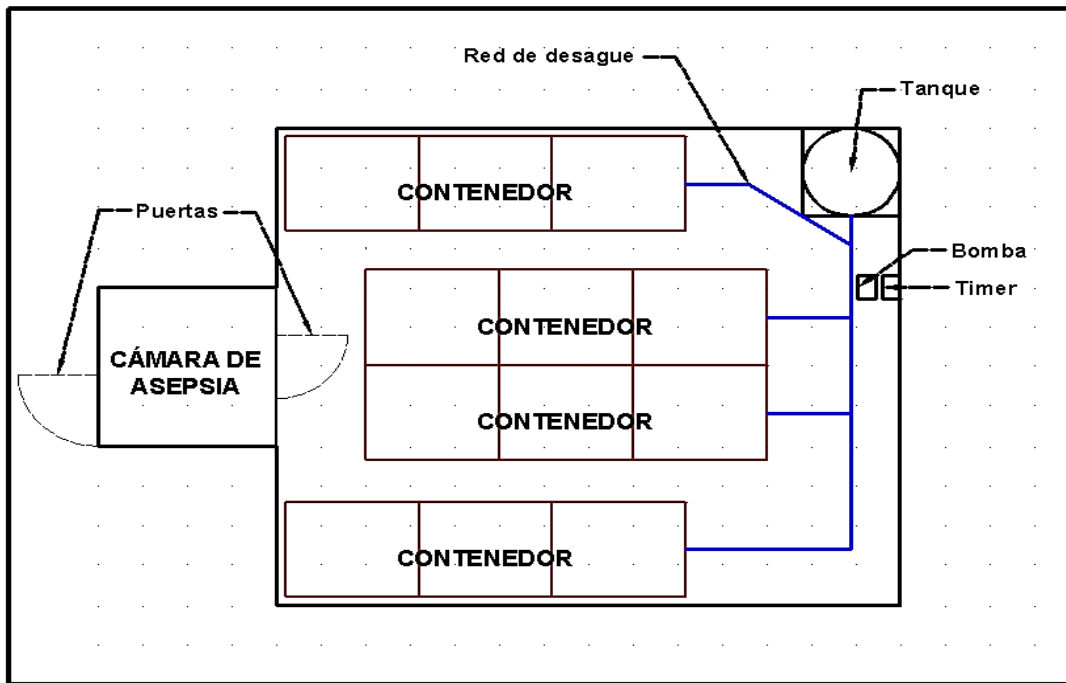


Figura 11: Distribución de los componentes.

3.2.3 Construcción de los cajones

Se construyeron 2 cajones de 1 m de altura por 1.20 m de ancho por 4.5 m de largo y 2 cajones de 0.80 m de altura por 1.2 m ancho por 4.5 de largo procurando la presencia de ventanas laterales a cada metro para facilitar la labor de cosecha secuenciadas al operador, cuando el sistema está en operación, el líquido sobrante regresa al tanque por gravedad esto se logra debido a que en la construcción de los cajones estos tuvieron un ligera pendiente.

Se tomaron las correspondientes medidas para luego perforar utilizando taladro con broca de 5/16 pulgada para luego colocar los Tirafones como se muestra a continuación:



Fotografía 5: Construcción de los cajones, uso de Tirafones.

a) Conexión y empalme

Una vez utilizado taladrado los listones se procedió a realizar el respectivo empalme y conexión utilizando los Tirafones.



Fotografía 6: Conexión y empalme, parte superior e inferior del armazón.

b) Instalación de la manguera

Una vez realizado el empalme del armazón se procedió a realizar los respectivos orificios con el taladro y broca de 5/8 pulgada para el pasaje de la manguera de riego de 16 mm con los nebulizadores cada 65 cm.



Fotografía 7: Instalacion de la manguera.

c) Instalación del tecnopor

Se procedió a cubrir con planchas de tecnopor todo el cajón procurando dejar el espacio correspondiente a las ventanas, luego se procedió a diseñar las tapas de tecnopor las cuales deben tener agujeros de 1 pulgada para sujetar las plantas; 4 filas de agujeros distanciados a 25 cm fue lo más adecuado.



Fotografía 8: Corte e instalación de las planchas de tecnopor.

d) Cobertura con plástico negro

Se cubrió el interior del cajón con plástico de color negro con el fin de evitar la entrada de luz al sistema radicular de las plantas siendo el piso y la parte lateral recubiertos con un plástico negro grueso evitando de esta manera filtraciones; para cubrir la parte externa de las tapas esta se realizó con plástico blanco evitando de esta manera una mayor concentración de calor y dándole una mayor luminosidad a las plantas, para las cortinas de las ventanas laterales se utilizó plástico delgado de color negro.



Fotografía 9: Corte y cobertura de los cajones con plástico negro (A).



Fotografía 10: Corte y cobertura de los cajones con plástico negro (B).

El detalle del cajón y sus medidas se muestran en la Figura 12.

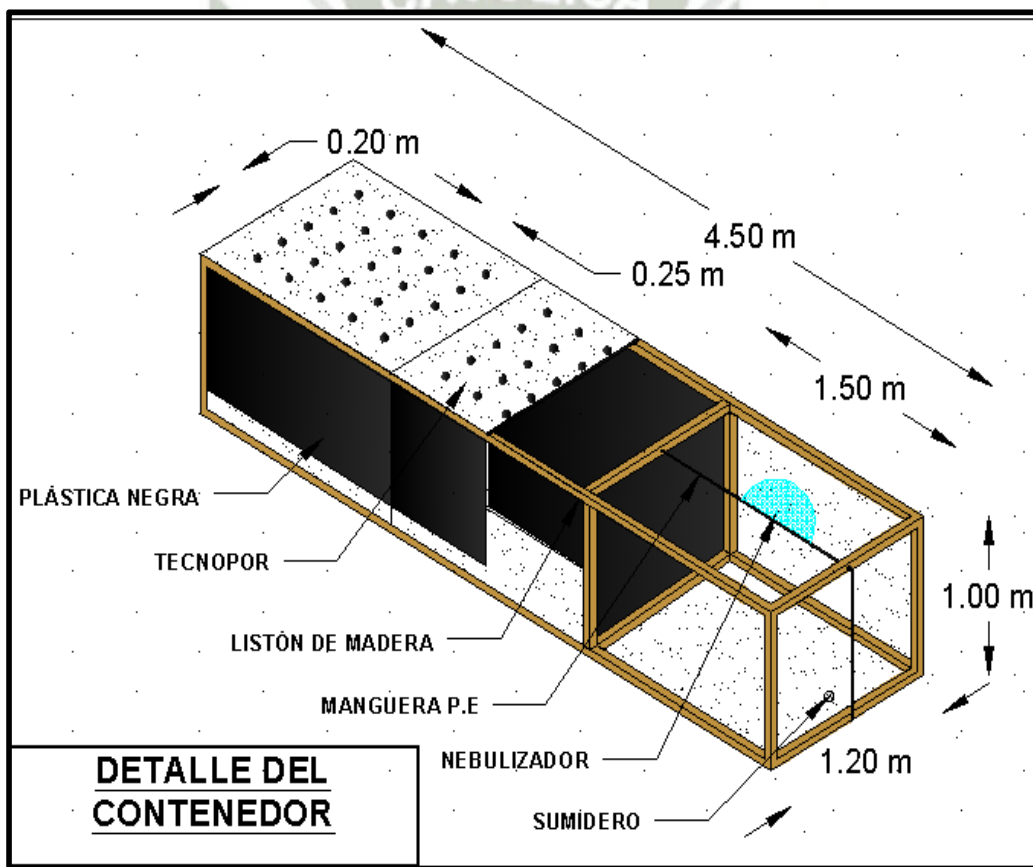


Figura 12: Detalle del cajón y sus medidas.

3.2.4 Instalación eléctrica y de gasfitería

Se procuró que la conexión de electricidad sea independiente para el modulo, se previó la existencia de una fuente alterna de electricidad la cual estuvo disponible todo el tiempo en caso se presentara algún corte de energía eléctrica fortuito, ya que el modulo no debe estar sin energía eléctrica por más de una hora. Luego se procedió a instalar la electrobomba en así como el tanque donde se colocara la solución nutritiva; procurando que la parte superior del tanque este por debajo del nivel más bajo de los cajones, con el objetivo que la solución nutritiva sobrante de los nebulizadores regrese por gravedad al tanque. La salida del desagüe se ubicó en la parte más baja de los cajones.



Fotografía 11: Instalaciones eléctricas y de gasfitería.

3.2.5 Instalacion del Timer y nebulizadores

Se procedio a instalar el progamador de tiempo (Timer) mediante una correcta calibracion, de esta manera se obtuvo que los siguientes tiempos, cada 15 minutos un lapso de 30 segundos de riego, acorde a la estacion, asi para noches frias se calibra el timer de modo tal que el sistema funcione cada 1 hora por 15 minutos, durante el dia se puede programar para un funcionamiento de 15 minutos por cada 15 minutos de periodo de inactividad.

En el caso de los nebulizadores estos procedieron a ser instalados cada 65 cm procurando el abastecimiento de nebulizadores nuevos y limpios en caso de una obstruccion para su inmediata reposicion.



Fotografía 12: Instalacion de los nebulizadores.

3.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL AMBIENTE DE ESTUDIO

Se presentan los promedios con un intervalo de 3 días de la temperatura máxima y mínima para invernadero y contenedor de cultivo, así la humedad relativa promedio dentro del invernadero y del contenedor el cual no fue relevante al obtener rangos entre 90% y 85% de humedad.

Gráfico 1: Temperatura (°C) media semanal de invernadero y cajón.

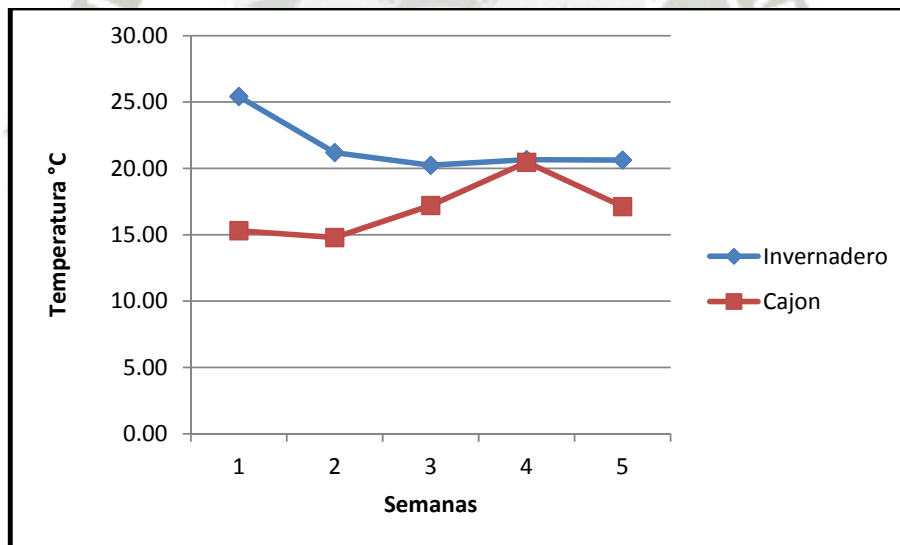
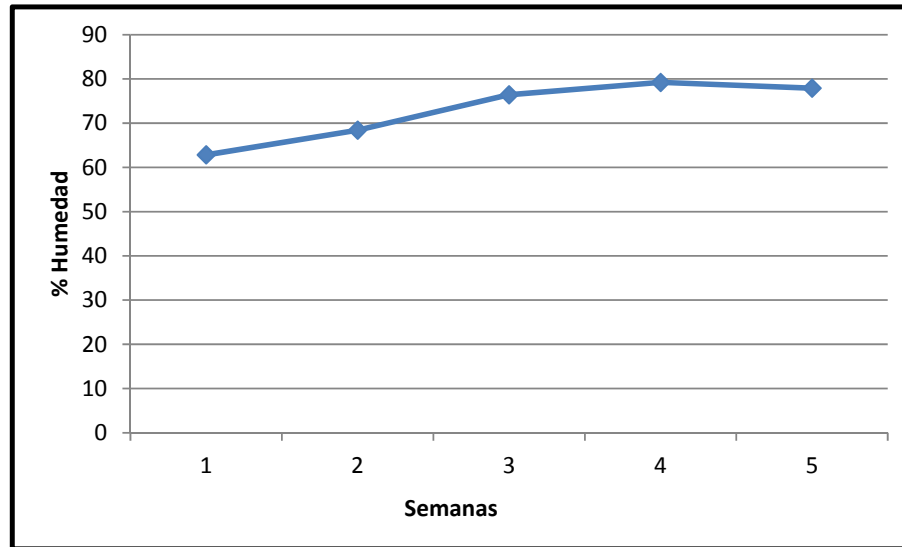


Gráfico 2: Humedad relativa media dentro del invernadero



En el gráfico 1 presenta el comportamiento de la temperatura promedios del invernadero y del cajón. La temperatura promedio dentro del invernadero fue de 21.63° C. La temperatura máxima promedio fue de los 25.43 °C, para los 7 ddt. La temperatura mínima en este ambiente fue de 20.24 para los 22 ddt.

En cuanto a la temperatura máxima promedio del contenedor fue de 20.46 ° C para los 30 ddt, mientras que su valor más bajo fue de 14.78 ° C para los 15 ddt, en cuanto a la temperatura promedio esta fue de 16.98 ° C.

En el Gráfico 2 se muestra la humedad relativa promedio del invernadero en donde se observa que al inicio y al final del cultivo, estuvo entre 77.91 y 62.83 %; los mayores valores de humedad relativa se registraron en los 30 ddt con promedios que alcanzaron 79.23 % bajo invernadero.

3.4 EL SISTEMA AEROPÓNICO

Las raíces de las plantas se desarrollaron dentro de contenedores de 4 m de largo, 1.2 m de ancho y 0.8 m de altura, contruidos con madera y planchas de poliestireno expandido de 2 pulgadas de espesor y densidad 20 (Fotografía 13). Cada contenedor fue forrado en su interior con polietileno negro de 6 micras.



Fotografía 13: Construcción de contenedores o cajones de cultivo.

La solución nutritiva, almacenada en un tanque, fue pulverizado al interior de los contenedores, mediante nebulizadores, que generaban un microambiente con alta humedad relativa, lo que favoreció un rápido crecimiento y desarrollo de las raíces que estaban suspendidas en el aire. Se usó un tanque de 600 litros, enterrado a nivel del piso. El tanque cumplió la función adicional de recibir el lixiviado de la solución nutritiva de los contenedores, permitiendo la recirculación de manera constante. Se usó una bomba de superficie de presión constante de 0.85 HP para impulsar la solución nutritiva hacia el interior de los contenedores a través de una tubería de PVC de 1". En la salida de la bomba, se instaló un filtro para evitar la obturación de los nebulizadores, así como las respectivas llaves de bola para el cierre de agua y del drenaje para el cambio de solución. (Fotografía 14).



Fotografía 14: Detalle cabezal de riego.

En el interior de cada contenedor, en la parte media superior, se ubicó una manguera de riego de 16 mm de diámetro donde se insertaron los nebulizadores con caudal de 70 Lt./h. Se colocaron 8 nebulizadores por contenedor a una distancia de 0.65 m. entre si (Fotografía 15). En la parte interior del contenedor, en un extremo, se instaló un pequeño colector que colectó la solución nutritiva drenada y no utilizada por las raíces de las plantas.



Fotografía 15: Manguera de riego y nebulizadores en funcionamiento.

Los contenedores tuvieron una pendiente de 2 % y se conectaban en la parte exterior, a una tubería de desagüe de 2 pulgadas de diámetro, de manera que el flujo retorna por gravedad al tanque y recircula nuevamente.

En la parte superior, cada contenedor se cubrió con planchas de tecnopor de 1 ½` pulgada de espesor de densidad 20. Estas planchas fueron forradas con plástico negro de 6 micras. Sobré la cubierta se hicieron agujeros de 2 cm de diámetro, en un marco de siembra de 24 cm entre hileras y 20 cm entre plantas (Fotografía 16).



Fotografía 16: Plántulas de papa trasplantadas.

Para la labor de conducción de las plantas (tutores), se instalaron alambres galvanizados en las barras de tubo cuadrado de la parte superior del invernadero, cada extremo del invernadero se usó como soporte principal, listones de madera de 2 m de largo y sujetadores al contenedor para soportar las plantas a medida que éstas iban creciendo (Fotografía 17). Las ventanas fueron cubiertas con el plástico utilizado para forrar internamente el contenedor.



Fotografía 17: Sistema de tutoreo de plantas.

El tiempo de nebulización del sistema aeropónico fue ajustado a través de observaciones visuales buscando mantener húmedas las raíces y turgencia en la parte aérea de las plantas. Se estableció un tiempo de 30 segundos de riego cada 15 minutos durante 24 horas. Se empleó un programador de riego el cual contaba con dos timer análogos simples (Fotografía 18), utilizados en dos tiempos uno corto y uno largo, todo esto dentro de un panel de control, el cual permitió una automatización de la bomba para el encendido y el apagado en los tiempos determinados.



Fotografía 18: Panel de control de riego.

3.5 MATERIAL GENÉTICO

Tuberculillos obtenidos de esquejes de papa de las variedades “Tomasa Tito Condemayta”, “Canchan” y “Única”, donados por la Estación Experimental Andenes – INIA Cuzco. Los esquejes fueron obtenidos por métodos asépticos combinados de cultivo de meristemas apicales procedentes de tallos laterales o brotes de papa, los cuales poseen un alto metabolismo y diferenciación, además al no existir un sistema vascular en el meristema al virus le es imposible ingresar, otro punto es la producción de auxinas, el cual presenta antagonismo con el virus, una vez obtenidos los meristemas son desinfectados con productos químicos como vanodial y homai por 10 segundos, luego fueron desinfectados con lejía al 2% por 10 minutos y por ultimo fueron enjuagados con agua destilada.

Una vez enjuagados fueron colocados en magentas para ser incubados a 22° a 23° C a 16 horas luz por 3 a 5 meses, pero cada 15 días se realizaba un reforzamiento o cambio del medio de cultivo, el cual consta de phytigel, sucrosa, solución de Murashige y Skoog, vitaminas como glicina, timina y un regulador de crecimiento (ácido giberelico).

Uno a dos meses después las magentas con plántulas pasaron al siguiente método de limpieza de patógenos, el cual es la termoterapia, el cual consta de una estufa donde las magentas son colocadas a 32 ° a 34 ° C a 24 horas luz por 1.5 meses.

Después de la estufa pasaron al laboratorio donde les realizaron pruebas de ELISA y de NASH, una vez seleccionados los esquejes libres de virus y patógenos, estos fueron enraizados con fitohormonas, colocados en sustratos esterilizados en este caso arena tratada y desinfectada con calor, donde una vez enraizados y obtenidos los tuberculillos fueron puestos a disposición.

3.6 COMPOSICIÓN Y MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Se empleó la solución hidropónica para papa La Molina®, la cual se preparó a partir de dos soluciones concentradas A y B (5 ml de solución A/Lt de agua y 2 ml de solución B/Lt de agua, ver Cuadro 4). Esta solución, es una solución comercial formulada después de varios años de investigación del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina, la cual se prepara a partir de fertilizantes comerciales de fácil adquisición. La solución concentrada A incluye el aporte de los nutrientes Nitrógeno, Potasio, Fósforo y Calcio, mientras la solución concentrada B aporta Azufre, Magnesio, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro y Molibdeno. La formulación cuenta con dos versiones de nutrición: a los 7 ddt se emplea desde el trasplante hasta los 37 ddt y, los 15 ddt es aplicada desde los 37 ddt hacia delante.

3.7 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

El calendario de trasplante al sistema aeropónico se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Fecha de trasplante en el ambiente de estudio

Lugar	Siembra
Arequipa	02/01/2012

Fuente: Elaboración propia

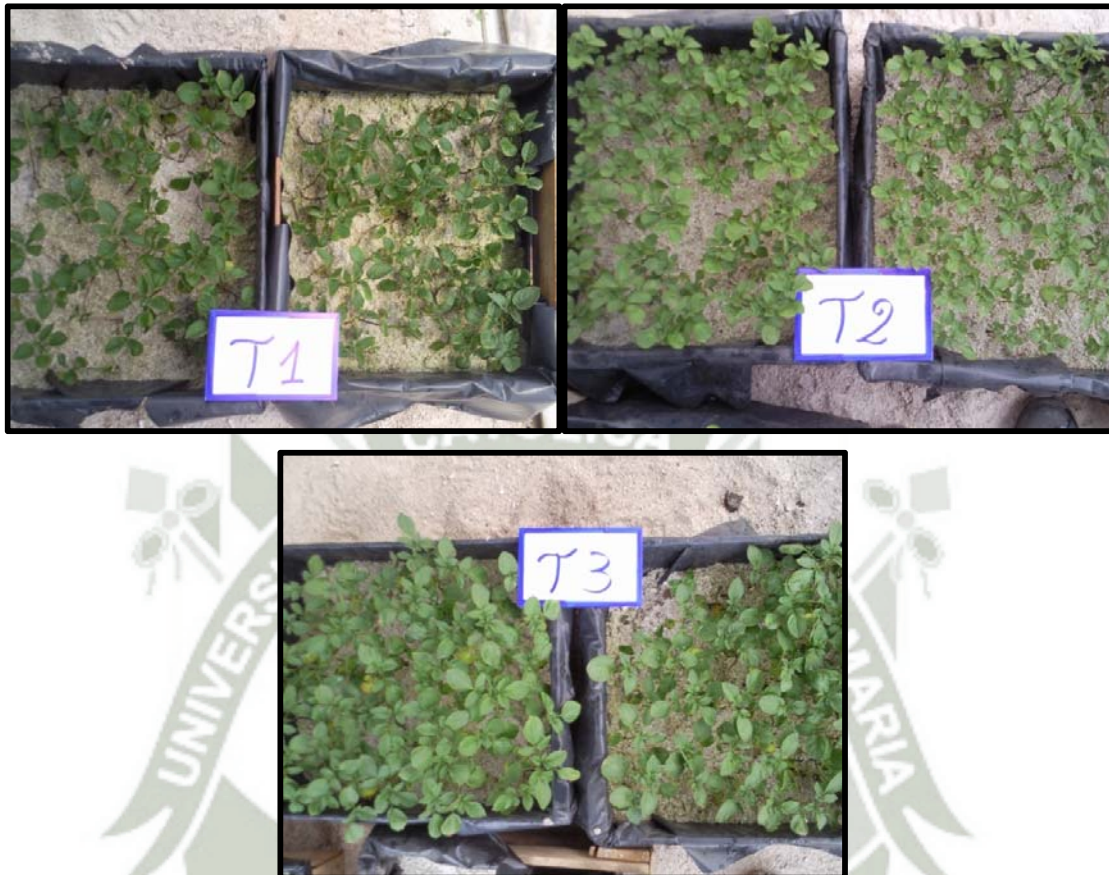
Previamente las variedades fueron donadas por la estación experimental “Andenes” – INIA Cuzco. El material genético fue recibido en tuberculillos, los cuales fueron sembrados en bandejas con piedra pómez desinfectadas con hipoclorito de sodio para permitir un desarrollo apropiado de las raíces y su posterior acondicionamiento. Durante los primeros 18 días, se mantuvo la humedad de la arena usando regaderas y se aplicó la solución hidropónica para Papa a una dosis media (50% o 2.5 ml de solución A/Lt. de agua y 1 ml de solución B/Lt. de agua) para la 7 ddt. Luego de la 15 ddt la solución se aplicó a la dosis recomendada (5 ml de solución A/Lt. de agua y 2 ml de solución B/Lt. de agua).

Cuando las plántulas estuvieron con una altura de 12 a 15 cm. y 2 a 3 cm. de longitud de raíz, éstas se extrajeron de las bandejas de enraizamiento manualmente para ser trasplantadas a los cajones de aeroponía para ello, se realizó una limpieza y desinfección con una solución de agua potable más hipoclorito de sodio al 2% donde se retiraron las partículas de arena adheridas a la raíz.

Las plántulas se colocaron en los huecos hechos sobre la cubierta de cada contenedor, cuidando de que las raíces quedaran suspendidas en el interior, sosteniéndolas con un trozo pequeño de esponja envuelto alrededor del cuello para evitar que cayera dentro. Se verificó después del trasplante final que los contenedores no tuvieran entradas de luz, asegurando total oscuridad.

De manera inicial, las plantas se sostuvieron solas el primer mes después del trasplante final al sistema aeropónico, después de ese tiempo, debido al rápido desarrollo, se instaló un sistema de tutorado, consistente en alambre galvanizado, rafia y listones de madera. Al cabo de un mes de trasplante, las hojas inferiores se removieron con un bisturí, siguiendo estrictas normas

de asepsia, dejando al menos 5 nudos libres, los cuales una vez estuvieron cicatrizados, fueron jalados hacia el interior del contenedor simulando la labor de aporque.



Fotografía 19: Plantulas adecuadas para el Traslante.

T1:Var. Canchan T2: Var. Unica T3:Var. Tomasa Tito Condemayta.

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado fue por Bloque Completo al Azar (DBCA) con 4 repeticiones. Cada contenedor o cajón represento un bloque/ repetición. Las variedades constituyeron los respectivos tratamientos.

Cuadro 9: Tratamientos evaluados.

BLOQUES (CAJONES)	TRATAMIENTOS (VARIEDADES)	CODIGO
BLOQUE 1	Canchan	B1T1
	Única	B1T2
	Tomasa Tito Condemayta	B1T3
BLOQUE 2	Tomasa Tito Condemayta	B2T3
	Canchan	B2T1
	Única	B2T2
BLOQUE 3	Única	B3T2
	Tomasa Tito Condemayta	B3T3
	Canchan	B3T1
BLOQUE 4	Única	B4T2
	Canchan	B4T1
	Tomasa Tito Condemayta	B4T3

Fuente: Elaboración propia

La unidad experimental estuvo conformada por 25 plántulas trasplantadas a una distancia de 20 x 24 cm y, cada tratamiento estuvo ubicado de manera aleatoria dentro de cada bloque.

- Número de plántulas por variedad/bloque: 25
- Número de plántulas total por bloque: 75
- Número de Bloques: 4
- Número de plántulas total: 300

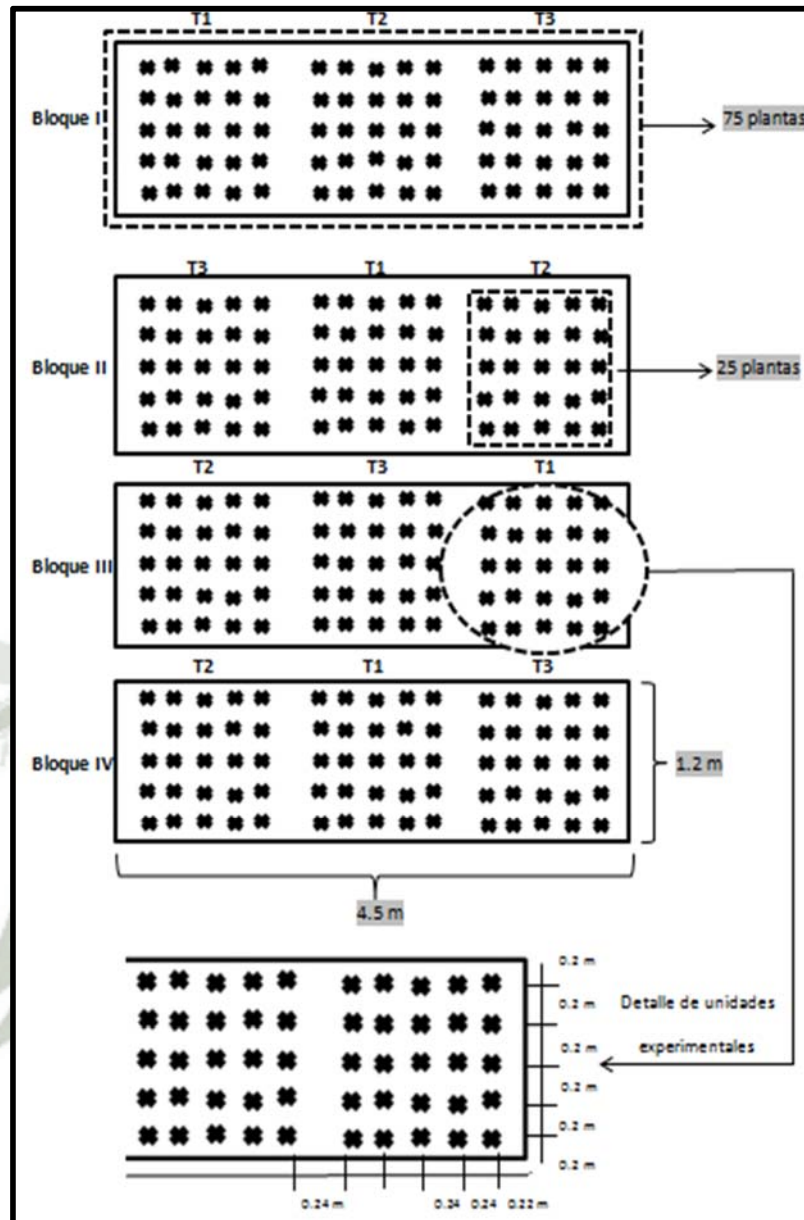


Figura 13: Esquema del diseño experimental empleado.

3.9 ANALISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza simple. Para los análisis individuales los efectos de bloques y tratamientos fueron considerados fijos utilizando como denominador para la prueba estadística de F para los diferentes cuadrados medios, así como la prueba de comparación de medias de Duncan al 0.05 para comparar tratamientos.

Modelo aditivo lineal del diseño de bloque completo al azar usado en el presente experimento:

$$\gamma_{ij} = \mu + \beta_j + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

γ_{ij} : Observación en el j-ésimo bloque del i-ésimo tratamiento,

μ : efecto de la media general

β_j : efecto del j-ésimo bloque.

t_i : efecto de i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} : efecto aleatorio del error.

En el cuadro 10 se presenta las fuentes de variación reconocidas y los grados de libertad para el presente experimento:

Cuadro 10: Fuentes de variación y grados de libertad.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	3
Tratamientos	2
Error experimental	6
Total	11

Fuente: Elaboración propia

3.10 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN

3.10.1 Variables climáticas

Para las mediciones de las variables climáticas bajo el invernadero, se usaron termómetros ambientales, digitales e higrómetros ambientales.

Con estos se llevaron registros horarios de temperatura bajo invernadero (°C), temperatura dentro de contenedores (°C) y humedad relativa (%).

A partir de los registros y considerando las fechas de cada semana, se obtuvieron los valores promedio en que el cultivo se desarrolló.

3.10.2 Variables agronómicas

- a) **Altura de plantas:** evaluación que se realizó cada 7 días (semana), a partir del día que se trasplanto hasta la última semana de la tesis. La evaluación se determinó mediante

la medición con cinta métrica, la cual se hizo a partir del cuello de la plántula hasta la parte terminal del tallo.

- b) **Longitud de raíz:** la evaluación se realizó cada 15 días, por el hecho que las raíces no debían ser manipuladas constantemente y también para no permitir la entrada de la luz dentro del cajón. Se realizó mediciones con una cintra métrica tratando de no manipularlas mucho.

3.10.3 Evaluación Económica

Para la evaluación económica del módulo aeropónico para la producción de plántulas de papa, se usó la base de costos generada por esta investigación, partiendo desde su construcción y culminado en su instalación en el Fundo “La Banda”.



CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 ANALISIS ECONOMICO

4.1.1 Costo del Invernadero

Los costos del Invernadero para la instalación del sistema aeropónico (Cuadro 11) empleado en esta investigación.

Cuadro 11: “Costo del invernadero de 46 m² para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011”.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	PRECIO DE REFERENCIA EN MONEDA NACIONAL S/.
MATERIAL DEL INVERNADERO				1972.00
Tubo cuadrado de 1½” x 6m	Unidad	20	23.00	460.00
Tubo circular de 1½” x 6m	Unidad	4	25.00	100.00
Tubo cuadrado de 3/8” x 3m	Unidad	6	18.50	111.00
Cobertor Agrofilms	Metro	50	16.00	800.00
Malla sombreadora 80%	Metro	8	8.00	64.00
Malla sombreadora de 40%	Metro	8	12.00	96.00
Malla antiafida	Metro	5	8.00	40.00
Tablero nordex	Unidad	1	23.00	23.00
Electrodos	kilogramo	3	10.00	30.00
Tornillos autoroscantes	Unidad	50	0.20	10.00
Pernos + volandas + tuerca	Metro	100	0.20	20.00
Cerraduras	Unidad	2	20.00	40.00
Letreros autoadhesivos	Unidad	2	4.00	8.00
Plástica negra	Metro	14	6.00	84.000
Pintura epoxica	Galón	2	25.00	50.00
Alambre Galvanizado	Kilogramo	3	12.00	36.00

De acuerdo con el cuadro 11 el costo del invernadero para la implantación de un módulo aeropónico con las características antes descritas es de S/. 1972.00 no incluyendo dentro del monto la mano de obra debido a que fue realizado en su totalidad por los investigadores.

4.1.2 Costo Sistema Aeropónico

El costo del sistema aeropónico el cual solo incluye el sistema de irrigación y drenaje y el cabezal de riego (sistema aeropónico propiamente dicho) asciende a un monto total de S/. 1251.37, cuyo detalle se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 12: “Costo del sistema aeropónico para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011”.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	PRECIO DE REFERENCIA EN MONEDA NACIONAL S/.
MATERIAL DEL SISTEMA AEROPÓNICO				1251.37
Tanque de 600 lit.	Unidad	1	270.00	270.00
Bomba eléctrica de 0.85 HP	Unidad	1	370.00	370.00
Programador tiempo (Timer) con tablero.	Unidad	1	555.00	555.00
Cable eléctrico n°12	Metro	100	0.58	58.00
Tubo negro de polietileno de 16 mm	Metro	30	0.65	19.50
Tubería de agua pvc de 5m,1”	Unidad	3	21.50	64.50
Kit instalación electrobomba	Unidad	1	30.00	30.00
Unión tipo codo (pvc) de 1”	Unidad	6	2.00	12.00
Unión tipo T de 1”	Unidad	3	2.50	7.50
Unión tipo T de ½”	Unidad	3	1.00	3.00
Unión tipo codo de ½”	Unidad	1	1.00	1.00
Reductor de ¾” a 1”	Unidad	2	1.00	2.00
Reductor de ¾” a ½”	Unidad	1	3.50	3.50
Convector	Unidad	1	30.00	30.00
Llave de paso tipo bola de 1”	Unidad	4	6.50	26.00
Llave de paso de ½”	Unidad	4	2.50	10.00
Válvula de pie	Unidad	1	15.00	15.00
Manómetro	Unidad	1	20.00	20.00
Sumidero de 1”	Unidad	4	6.00	24.00
Microaspersor azud raintec	Unidad	28	2.50	70.00
Cinta teflón	Unidad	2	0.50	1.00
Terrajador de 1”	Unidad	1	29.00	29.00

La inversión del sistema aeropónico no incluye la mano de obra para su instalación.

4.1.3 Costo de los contenedores

El costo de los contenedores de 4.5x1.2x1 m. de madera para la instalación de las plántulas de papa es de S/.1443.40, no incluye mano de obra y se detalla en el Cuadro 13.

Cuadro 13: “Costo de construcción de contenedores para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011”.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	PRECIO DE REFERENCIA EN MONEDA NACIONAL S/.
MATERIAL DE LOS CAJONES				1443.40
Listones de madera de 2”x 2”x0,94 cm	Unidad	44	2.70	118.80
Listones de madera de 2”x 2”x0,80 cm	Unidad	32	2.70	86.40
Listones de madera de 2”x 2”x2,5m	Unidad	24	7.50	180.00
Planchas de tecnopor de 2”x 2,40 x 1,20m	Unidad	30	20.00	600.00
Plástica negra gruesa de 3m de ancho	Metro	28	9.00	252.00
Plástica transparente de 3m de ancho	Metro	15	4.50	67.50
Plástica negra delgada de 3m de ancho	Metro	10	4.50	45.00
Espuma de 2 x1,10	Plancha	1	7.50	7.50
Grapas	Caja	1	6.00	6.00
Rafia	Metro	72	0.40	28.80
Cinta adhesiva gruesa	Unidad	2	5.70	11.40
Empalmes	Unidad	16	1.25	20.00
Tirafones de ¼”	Unidad	100	0.20	20.00

4.1.4 Costo de soluciones nutritivas y material de laboratorio

Los costos de las soluciones nutritivas fue de S/. 150.00 no incluyendo el envío desde la Ciudad de Lima. Los costos en material de laboratorio fueron de S/./67.00.

Costos que se detallan en los Cuadros 14 y 15.

Cuadro 14: “Costo de soluciones nutritivas para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011”.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	PRECIO DE REFERENCIA EN MONEDA NACIONAL S/.
MATERIAL DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS				150.00
Solución nutritiva La Molina	Unidad	2	45.00	90.00
Micronutrientes (Fertrilon combi)	Unidad	1	30.00	30.00
Ácido sulfúrico o fosfórico	Kilogramo	0.5	60.00	30.00

Cuadro 15: “Costo del material de laboratorio para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011”.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	PRECIO DE REFERENCIA EN MONEDA NACIONAL S/.
MATERIAL DE LABORATORIO				67.00
Hipoclorito de sodio al 2%	Galón	1	15.00	15.00
Jabón líquido	Galón	1	12.00	12.00
Guantes de látex	Docena	2	18.00	19.00
Alcohol	Litro	1	11.00	11.00
Bisturí	Unidad	4	2.50	10.00

4.1.5 Otros costos

Estos costos son generados por servicios de soldadura, doblado flete de los materiales hacia el Fundo “La Banda” Huasacache, J. Hunter, Arequipa.

Cuadro 16: “Otros costo para el cultivo de plántulas de papa. Valores expresados en S/. Nuevos Soles a Setiembre del 2011”.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	PRECIO DE REFERENCIA EN MONEDA NACIONAL S/.
OTROS				216.00
Soldadura + Andamios	Jornal	1	100.00	100.00
Flete	Viaje	1	50.00	50.00
Corte y Doblado de tubos	Unidad	3	22.00	66.00

4.2 ALTURA DE PLANTA

Según el Análisis de varianza (ANVA), (Cuadro17) se observa en su fuente de variación bloque y en su fuente de variación tratamiento; que para la 7 ddt evaluación de altura no fueron significativos estadísticamente, asimismo el coeficiente de variabilidad fue de 0.45; sin embargo para los 15 ddt, 22 ddt, 30 ddt y 37 ddt (Cuadros 18,20,22 y 24) se observa en su fuente de variación bloque que no fueron significativos estadísticamente pero si mostraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos siendo los coeficientes de variabilidad de 2.85; 1.36; 1.43 y 1.83 para los 15 ddt, 22 ddt, 30 ddt y 37 ddt respectivamente, por lo cual se les realizó la Prueba de Duncan.(Cuadros 19, 21, 23 y 25).

Cuadro 17: “Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 7 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig.
Bloque	3	0.021	0.007	1.537	4.76	N.S
Tratamiento	2	0.003	0.001	0.312	5.14	N.S
Error	6	0.027	0.004			
Total	11					

C.V: 0.45%

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Cuadro 18: “Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 15 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig.
Bloque	3	0.845	0.282	0.863	4.76	N.S
Tratamiento	2	57.217	28.609	87.700	5.14	**
Error	6	1.957	0.326			
Total	11					

C.V: 2.85%

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

* = Significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Cuadro 19: “Prueba de Duncan para altura de planta (cm) para los 15 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

Tratamiento	Promedio	Significancia
T2	22,66	a
T1	20,16	b
T3	17,32	c

Medias seguidas con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 20: “Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 22 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig.
Bloque	3	0.423	0.141	0.726	4.76	N.S
Tratamiento	2	141.939	70.970	366.074	5.14	**
Error	6	1.1632	0.194			
Total	11					

C.V: 1.36%

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

* = Significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Cuadro 21: “Prueba de Duncan para altura de planta (cm) para los 22 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

Tratamiento	Promedio	Significancia
T2	36,20	a
T1	32,92	b
T3	27,84	c

Medias seguidas con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 22: “Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 30 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig.
Bloque	3	0.827	0.276	0.769	4.76	N.S
Tratamiento	2	364.198	182.099	508.420	5.14	**
Error	6	2.149	0.358			
Total	11					

C.V: 1.43%

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

* = Significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Cuadro 23: “Prueba de Duncan para altura de planta (cm) para los 30 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

Tratamiento	Promedio	Significancia
T2	48,16	a
T1	42,33	b
T3	34,71	c

Medias seguidas con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 24: “Análisis de varianza para altura de planta (cm) para los 37 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig.
Bloque	3	4.636	1.545	1.708	4.76	N.S
Tratamiento	2	481.320	240.660	265.904	5.14	**
Error	6	5.430	0.905			
Total	11					

C.V: 1.83%

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

* = Significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Cuadro 25: “Prueba de Duncan para altura de planta (cm) para los 37 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

Tratamiento	Promedio	Significancia
T2	59,86	a
T1	51,38	b
T3	44,37	c

Medias seguidas con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 26: “Promedios de altura de planta para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

Tratamiento	DIAS DESPUES DEL TRASPALANTE			
	15 DDT	22 DDT	30 DDT	37 DDT
T2 (Única)	22.66 a	36.20 a	48.16 a	59.86 a
T1 (Canchan)	20.16 b	32.92 b	42.33 b	51.38 b
T3 (Tomasa Tito Condemayta)	17.32 c	27.84 c	34.71 c	44.37 c

Medias seguidas con letras iguales no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

El Cuadro 26 muestra los promedios de altura de planta para los 15 ddt, 22 ddt, 30 ddt y 37 ddt pudiéndose observar en todas las evaluaciones que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento T2 (Única) el que alcanzó los promedios más altos seguido del tratamiento T1 (Canchan) y finalmente del tratamiento T3 (Tomasa Tito Condemayta) que fue el que mostró la menor altura en todas las evaluaciones.

4.3 LONGITUD DE RAÍZ

Según el Análisis de varianza (ANVA), (Cuadros 27 y 28) se observa en su fuente de variación bloque y en su fuente de variación tratamiento; que para los 7 ddt y 15 ddt la longitud de raíz, no fueron significativos estadísticamente, asimismo los coeficiente de variabilidad fueron 2.32 y 2.27 para los 15 ddt y 22 ddt respectivamente; sin embargo para los 22 ddt (Cuadro 29) se observa en su fuente de variación bloque que fue significativo estadísticamente pero en su fuente de variación tratamiento no mostraron diferencias estadísticas significativas siendo el coeficientes de variabilidad de 0.64.

Cuadro 27: “Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) para los 7 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig.
Bloque	3	0.035	0.0117	0.407	4.76	N.S
Tratamiento	2	0.041	0.0204	0.709	5.14	N.S
Error	6	0.173	0.0288			
Total	11					

C.V: 2.32%

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Cuadro 28: “Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) para la 15 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig.
Bloque	3	0.798	0.266	0.827	4.76	N.S
Tratamiento	2	1.924	0.962	2.991	5.14	N.S
Error	6	1.930	0.322			
Total	11					

C.V: 2.27%

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Cuadro 29: “Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) para los 22 ddt para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.C	F.T	Sig.
Bloque	3	1.048	0.349	6.026	4.76	*
Tratamiento	2	0.540	0.270	4.656	5.14	N.S
Error	6	0.348	0.058			
Total	11					

C.V: 0.64%

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

4.4 REGRESIONES

Se realizaron regresiones lineales para determinar la influencia de la temperatura y humedad sobre el crecimiento de las plantas de papa, para lo cual se analizaron los valores de altura de planta (Y) hasta los 37 ddt y los datos de humedad y temperatura (X) registrados en el invernadero.

Cuadro 30: “Regresión lineal para temperatura de invernadero (X) y altura de planta (Y) para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

Variedad	R ²	b	F.C	F.T	Significancia
Canchan	0.48	-4.87	2.79	10.13	N.S
Única	0.49	-5.94	2.89	10.13	N.S
Tomasa Tito Condemayta	0.41	-3.65	2.11	10.13	N.S

R² = Coeficiente de determinación

b = Coeficiente de regresión

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Cuadro 31: “Regresión lineal para temperatura de cajón (X) y altura de planta (Y) para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

Variedad	R ²	b	F.C	F.T	Significancia
Canchan	0.48	4.72	2.81	10.13	N.S
Única	0.46	5.55	2.54	10.13	N.S
Tomasa Tito Condemayta	0.43	3.58	2.22	10.13	N.S

R² = Coeficiente de determinación

b = Coeficiente de regresión

N.S = No significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Podemos concluir que no existe relación entre la altura de planta y la temperatura ni de invernadero ni de cajón, ya que según los ANVA de regresiones mostrados en los cuadros 30 y 31 no se evidencia diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 32: “Regresión lineal para humedad (X) y altura de planta (Y) para el cultivo de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en módulo aeropónico en las instalaciones del Fundo “La Banda” Huasacache, Jacobo Hunter, Arequipa 2012”.

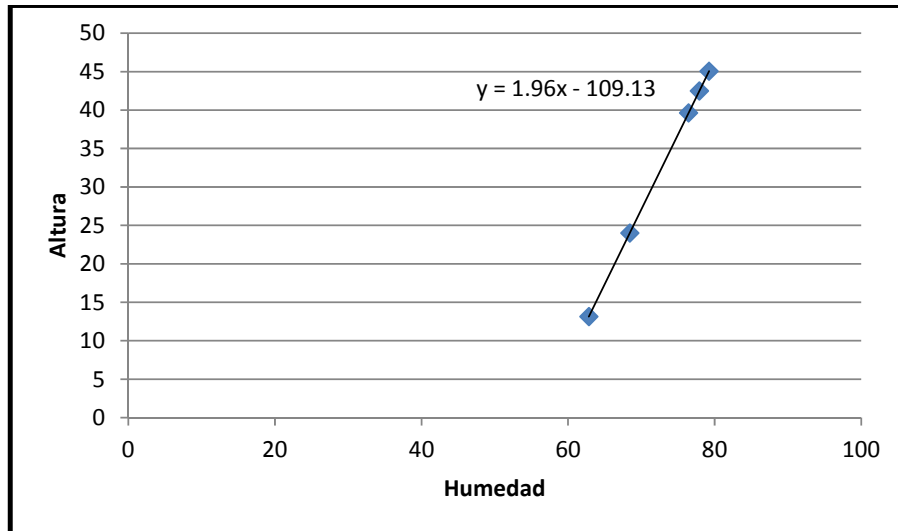
Variedad	R ²	b	F.C	F.T	Significancia
Canchan	0.84	1.96	15.45	10.13	*
Única	0.84	2.32	15.34	10.13	*
Tomasa Tito Condemayta	0.77	1.52	10.20	10.13	*

R² = Coeficiente de determinación

b = Coeficiente de regresión

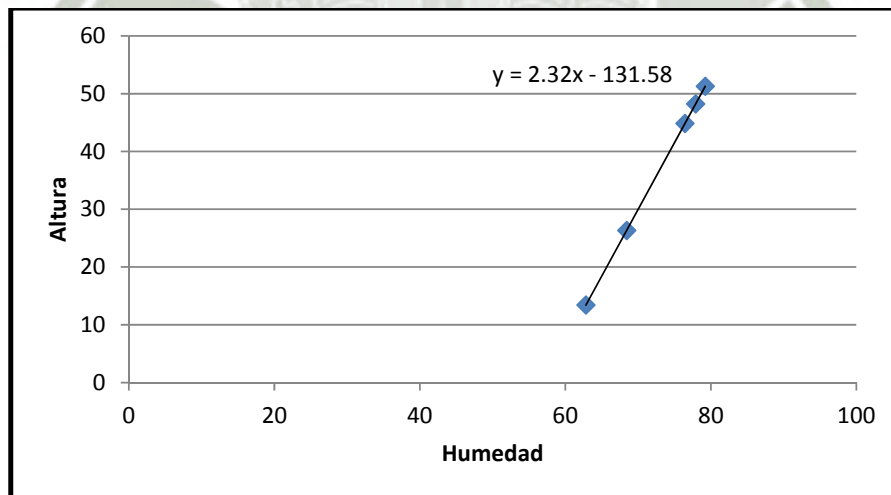
* = Significativo con $\alpha = 0.05$ según la prueba estadística de F.

Grafico 3: Recta de regresión para la variedad Canchan entre humedad (X) y altura de planta (Y).



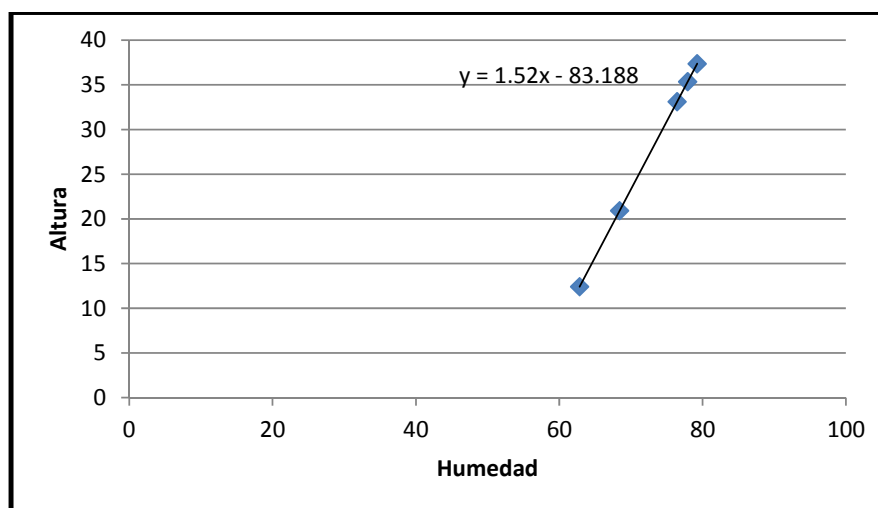
Fuente: Elaboración propia

Grafico 4: Recta de regresión para la variedad Única entre humedad (X) y altura de planta (Y).



Fuente: Elaboración propia

Grafico 5: Recta de regresión para la variedad Tomasa Tito Condemayta entre humedad (X) y altura de planta (Y).



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de humedad y altura de planta y acorde al ANVA de regresión mostrado en el Cuadro 32, se evidencia que si existe significancia para las tres variedades, mostrando una tasa de cambio positiva para las tres variedades manteniendo el orden de jerarquía mostrado en las evaluaciones de altura, es decir la mayor tasa de cambio la obtuvo la variedad Unica, seguida de la variedad Canchan y finalmente la variedad Tomasa Tito Condemayta.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

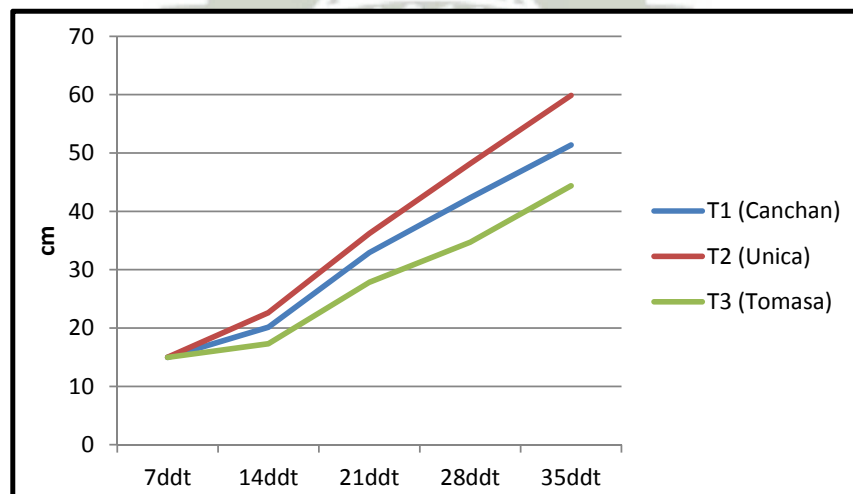
5.1 ANALISIS DE ECONOMICO

Tomando en cuenta el costo total de la investigación, podemos asumir que el costo del invernadero representa el mayor gasto, debido a que en este componente se encuentran tubos metálicos y la cubierta (agrofílm) materiales que generan un costo representativo, cabe mencionar que el costo de los contenedores dentro de la investigación estuvo en segunda importancia, debido a sus dimensiones como también al costo de sus materiales para su construcción como son la madera, clavos, plástica negra, etc. No obstante el sistema aeropónico como parte fundamental de la investigación genero un costo por debajo del costo de los contenedores, ya que sus materiales existe una amplia gama en el mercado. Los costos de soluciones nutritivas y material de laboratorio por su bajo costo y tiempo de uso en la investigación no generaron costos de consideración.

5.2 ALTURA DE PLANTA

Esto se debe probablemente a la precocidad que muestran los variedades Única y Canchan en relación con el variedad Tomasa Tito Condemayta, los cuales son características marcadas por el genotipo y no tiene efecto ni influencia del medio en el que se desarrollan tal como lo señala Fonseca *et al.* 1996 y Gutiérrez-Rosales *et al.* 2007; los cuales mencionan la precocidad de las variedades Canchan y Unica. Por otro lado Eguzquiza y Catalan (2011) menciona que la variedad Tomasa Tito Condemayta tiene un periodo mayor que las variedades Canchan y Unica.

Grafico 6: Altura de planta para las 37 ddt.



En el Grafico 6 se muestran las variaciones de la altura de planta para las 7 ddt cinco semanas en función de los tratamientos empleados. Podemos deducir que aproximadamente a partir de la 15 ddt existe una diferenciación notable, esto se debe probablemente a que las variedades precoces (Única y Canchan) comienzan con su crecimiento vegetativo mucho más rápido que las variedades tardías (Tomasa Tito Condemayta) lo cual es una característica inherente al genotipo de las mismas variedades.

5.3 LONGITUD DE RAÍZ

Podemos asumir que la longitud de raíz es una característica similar entre las tres variedades en estudio, debido a que el sistema aeropónico mediante las nebulizaciones de la solución nutritiva, estimula el desarrollo de las raíces y que no es un carácter morfológico determinante que diferencie una variedad de otra.

5.4 REGRESIONES

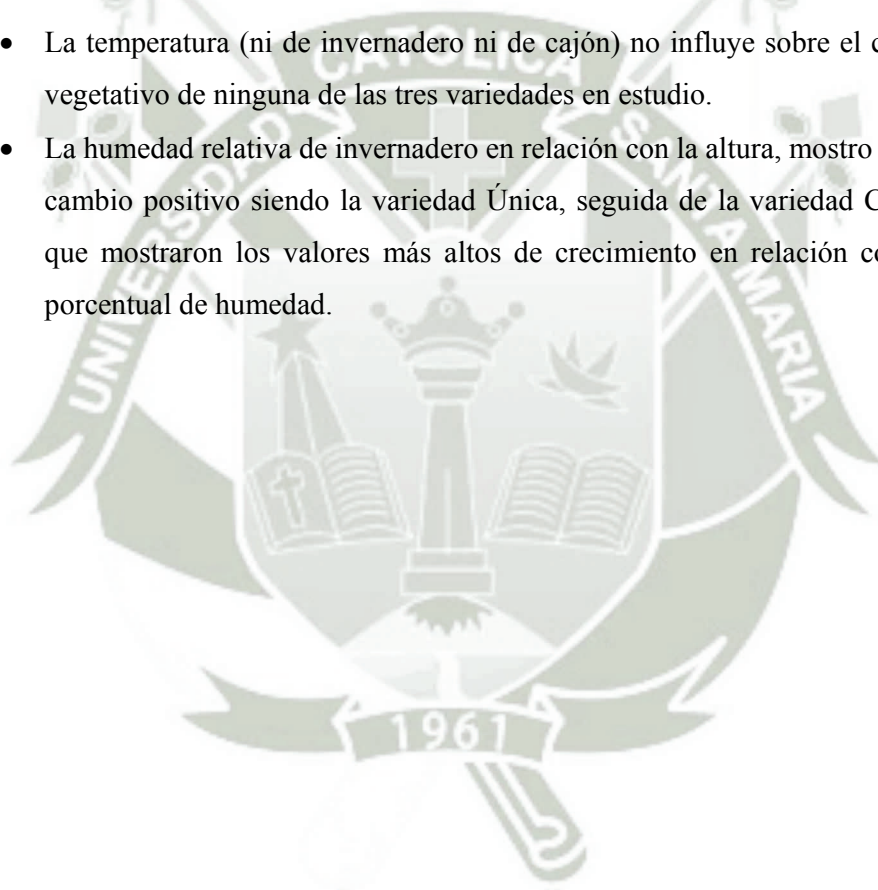
Podemos asumir que no existe relación entre la altura de planta y la temperatura ni de invernadero ni de cajón, ya que según los ANVA de regresiones mostrados en los cuadros 30 y 31 no se evidencia diferencias estadísticas significativas.

Para el caso de humedad y altura de planta y acorde al ANVA de regresión mostrado en el Cuadro 32, se evidencia que si existe significancia para las tres variedades, mostrando una tasa de cambio positiva para las tres variedades manteniendo el orden de jerarquía mostrado en las evaluaciones de altura, es decir la mayor tasa de cambio la obtuvo la variedad Única, seguida de la variedad Canchan y finalmente la variedad Tomasa Tito Condemayta.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

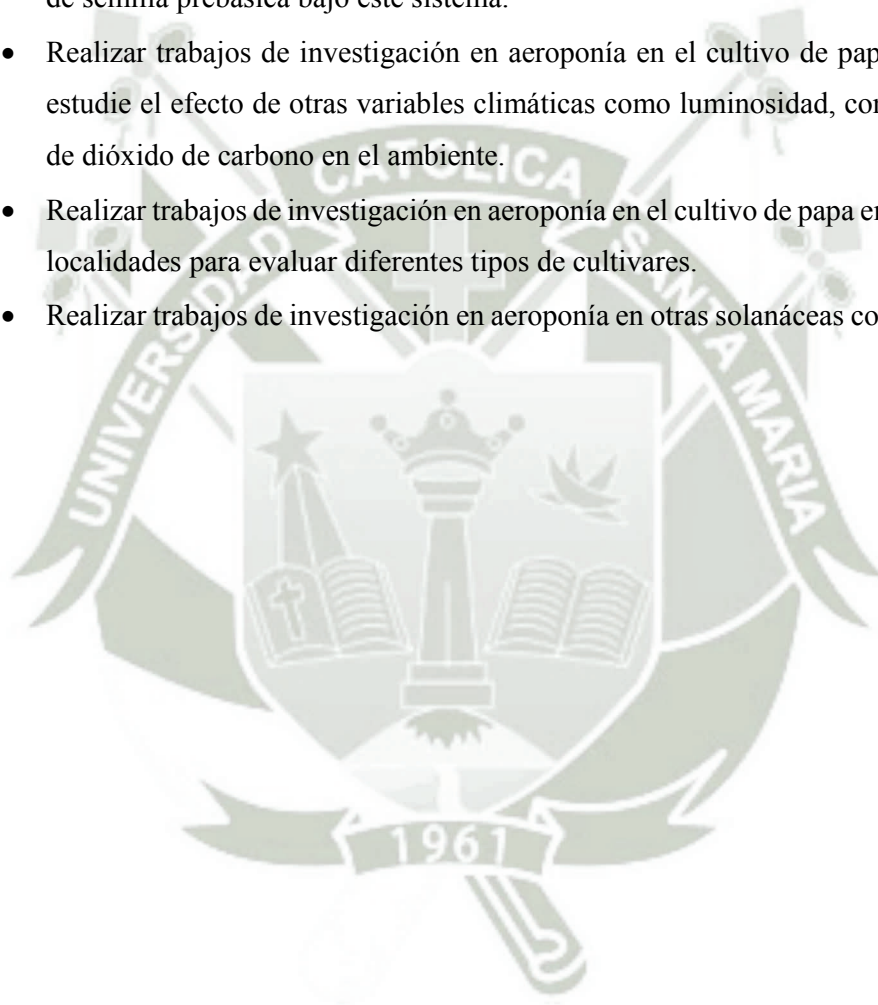
- Si es posible cultivar plántulas de papa bajo la modalidad de cultivo aeropónico en condiciones de invernadero que fue diseñado, construido e instalado en el fundo La Banda, Huasacache – J. Hunter.
- El costo total para la construcción e instalación de un Módulo Aeropónico para el Cultivo de plántulas de papa es de S/.5099.77 Nuevos soles costo setiembre 2011.
- La temperatura (ni de invernadero ni de cajón) no influye sobre el crecimiento vegetativo de ninguna de las tres variedades en estudio.
- La humedad relativa de invernadero en relación con la altura, mostro una tasa de cambio positivo siendo la variedad Única, seguida de la variedad Canchan las que mostraron los valores más altos de crecimiento en relación con el valor porcentual de humedad.



CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos en donde se llegue a la finalidad del cultivo de plántulas de papa, el cual es producir semilla prebásica.
- Completar el análisis económico para determinar la rentabilidad de la producción de semilla prebásica bajo este sistema.
- Realizar trabajos de investigación en aeroponía en el cultivo de papa donde se estudie el efecto de otras variables climáticas como luminosidad, concentración de dióxido de carbono en el ambiente.
- Realizar trabajos de investigación en aeroponía en el cultivo de papa en diferentes localidades para evaluar diferentes tipos de cultivares.
- Realizar trabajos de investigación en aeroponía en otras solanáceas como tomate.



CAPITULO VIII

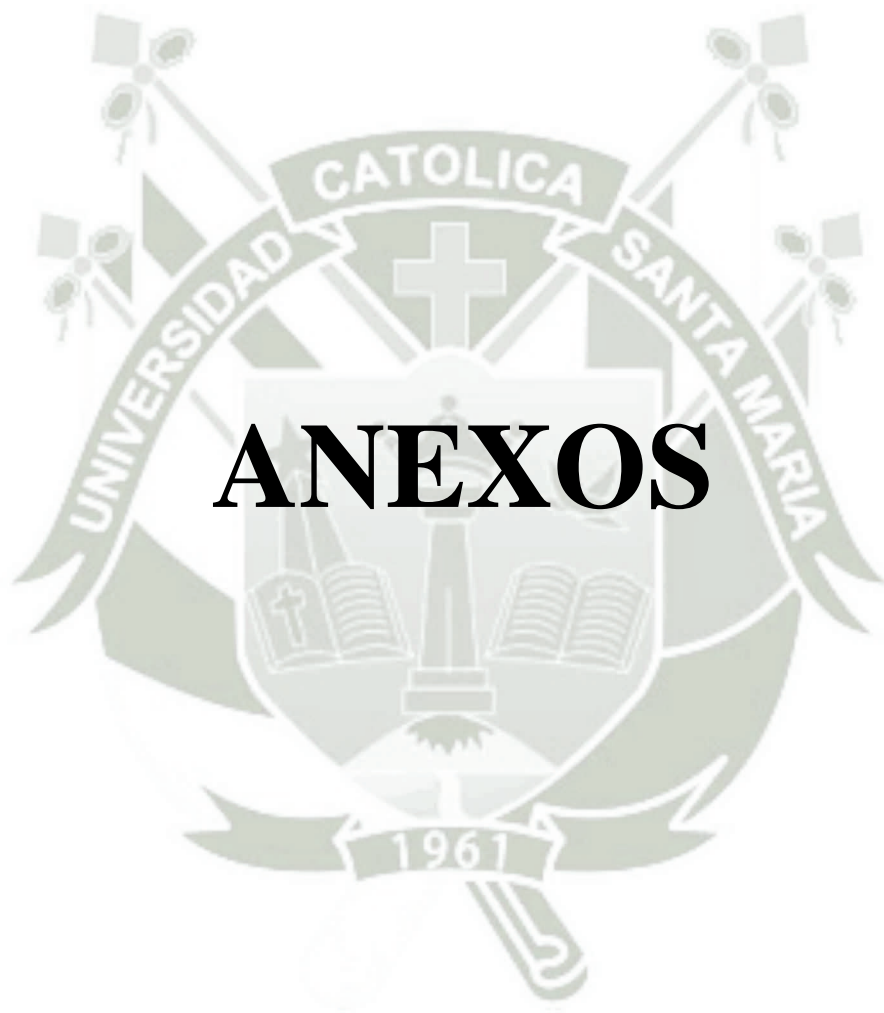
BIBLIOGRAFÍA

1. Arano, C.R. 1990. La Gaceta del Cultivo Sin Tierra (Nº 3). Buenos Aires – Argentina.
2. Calzada, J. 1970. Metodos estadísticos para la Investigación. Editorial Jurídica S.A. 3ra edición revisada y ampliada. Lima - Perú.
3. CIP (Centro Internacional de la Papa). 1994. Boletín informativo: Avances en el cultivo de papa. Editado por el CIP. Lima – Perú.
4. Christie, C; Nichols, M. 2004. Aeroponics: A Production system and research tool. Acta Horticultura. Wageningen. 648: 289-291.
5. Eguzquiza, R. 2000. La Papa: producción, transformación y comercialización. Programa de Desarrollo Comunitario en Corredores Económicos (PRISMA); Proyecto Papa Andina CIP-COSUDE. Lima – Perú. 192 p.
6. Eguzquiza, R; López, P. 1980. El cultivo de la papa. Editado por Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
7. Eguzquiza, R. 1991. Taxonomía y Botánica de la papa cultivada. Curso nacional sobre producción de papa. Cusco – Perú.
8. Eguzquiza, R; Catalan, W. 2011. Guia técnica, Curso taller: Manejo Integrado de Papa. Jornada de Capacitación UNALM-AGROBANCO. Cuzco-Peru.
9. Farran, I; Mingo-Castel, A. 2006. Potato minituber production using aeroponics: Effects of Plant density and harvesting intervals. American Journal of Potato Research. 83: 47-53.
10. Fonseca, C; Labarta R; Mendoza, A; Landeo, J; Walker T.S. 1996. Impacto Económico de la Variedad Canchan – INIA, de alto rendimiento y resistencia al tizón tardío en el Perú. INIA-Perú.
11. Huamán, Z. 1986. Botánica sistemática y morfología de la papa. Boletín de información técnica N 6, Centro Internacional de la Papa. Lima – Perú

12. Hidalgo, O. 1989. Progresos en la Producción de Tubérculos Semilla de Papa en Latinoamérica. En: Revista Latinoamericana de la Papa. 2: 1-28
13. Hidalgo, O; Marzo, J; Palomino, L. 1999. Producción de semilla pre básica y básica usando métodos de multiplicación acelerada. En: Producción de tubérculos semilla de papa. Centro Internacional de la Papa. Manual de capacitación. Lima-Perú.
14. Hidalgo, O.A.y H. Rincón (eds.) 1989. Avances en la producción de tubérculo-semilla de papa en los países del Cono Sur CIP Lima, Perú. 199 p.
15. INIA – CIP (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – Centro internacional de la Papa).1994. Papa, Compendio de información técnica. Editado por INIA, Lima - Perú
16. Mateus, J. 2010.Efecto del ambiente sobre la producción de minitubérculos de 10 genotipos de papa cultivados bajo un sistema aeropónico. Tesis Mg.Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
17. Montesdeoca, F. 2005. Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias Quito-Ecuador.
18. Morgan, L. 1998. Solution Dynamics. En: Practical Hydroponics and Greenhouses. (43): 56-69
19. M. Nichols & B. Christie - Aeroponics, Hydroponic Technology for the Next Millennium - PH&G, issue 50, p. 37-47 (en Inglés)
20. Nichols, M. 2005. Aeroponics and potatoes. En: Acta Horticulturae, Wageningen. 670: p. 201-206.
21. Otazu, V; Chuquillanqui, C. 2007. Producción de Papa de Calidad por Aeroponía. En: Alternativas al Uso del Bromuro de Metilo para la Producción de Semilla de Papa de Calidad. Centro Internacional de la Papa. Documento de Trabajo. Lima, Perú.
22. Pereira, A; Daniels, J. 2003. O cultivo da batata na Região Sul do Brasil. EMBRAPA. Brasilia, Brasil.

23. Resh, H. 2001. Cultivos Hidropónicos: Nuevas Técnicas de Producción. 5ta. edición. Ediciones Mundi Prensa. España. 560 p.
24. Soffer, H; Burger D.1988. Effects of dissolved oxygen concentration in aerohydroponics on the formation and growth of adventitious roots. En: Journal American Society Horticultural Science. 113: 218-221.
25. Wheeler, R.; Mackowiak, J; Knott, W; HInkle, R. 1990. Potato Growth and yield using nutrient filme technique (NFT). En: American Potato Journal. 67: 177-187.





ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta (cm) para los 7 ddt.

	I	II	III	IV
T1 (Canchan)	14.9	14.98	15	15
T2 (Única)	15	14.96	15.02	15.02
T3 (Tomasa Tito Condemayta)	15.02	14.8	14.98	15.06

Anexo 2. Altura de planta (cm) para los 15 ddt.

	I	II	III	IV
T1 (Canchan)	19.34	20.46	20.42	20.42
T2 (Única)	23.06	22.92	22.6	22.06
T3 (Tomasa Tito Condemayta)	17.86	17.86	17.02	16.52

Anexo 3. Altura de planta (cm) para los 22 ddt.

	I	II	III	IV
T1 (Canchan)	33.1	32.96	32.8	32.8
T2 (Única)	35.9	36.16	36.36	36.36
T3 (Tomasa Tito Condemayta)	28.14	28.24	28.14	26.82

Anexo 4. Altura de planta (cm) para los 30 ddt.

	I	II	III	IV
T1 (Canchan)	42.32	42.14	42.42	42.42
T2 (Única)	48.02	48.1	48.26	48.26
T3 (Tomasa Tito Condemayta)	34.78	35.28	35.46	33.3

Anexo 5. Altura de planta (cm) para los 37 ddt.

	I	II	III	IV
T1 (Canchan)	49.42	51.6	52.24	52.24
T2 (Única)	58.76	60.1	60.28	60.28
T3 (Tomasa Tito Condemayta)	44.44	45.2	44.9	42.92

Anexo 6. Longitud de raíz (cm) para los 7 ddt.

	I	II	III	IV
T1 (Canchan)	7.34	7.12	7.28	7.66
T2 (Única)	7.34	7.52	7.4	7.32
T3 (Tomasa Tito Condemayta)	7.12	7.28	7.36	7.26

Anexo 7. Longitud de raíz (cm) para los 15 ddt.

	I	II	III	IV
T1 (Canchan)	24.46	24.58	25.18	24.86
T2 (Única)	24.72	25.14	25.7	26.64
T3 (Tomasa Tito Condemayta)	24.6	25.14	24.46	24.38

Anexo 8. Longitud de raíz (cm) para los 22 ddt.

	I	II	III	IV
T1 (Canchan)	38.06	38.06	37.74	37.16
T2 (Única)	37.6	38.36	37.46	37.38
T3 (Tomasa Tito Condemayta)	37.52	37.38	37.36	36.86

Anexo 9. Registros de Temperatura (máxima y mínima) y Humedad (máxima y mínima)

Mes	Semana	Día	Temperatura Invernadero (°C)		HR %	Temperatura Cajón (°C)	
			MAX	MIN	MED	MAX	MIN
1	1	20/01/2012	29.96	20.65	59.61	16.88	13.09
		23/01/2012	29.58	19.28	62.19	16.89	12.22
		25/01/2012	32.04	21.07	69.7	18.4	14.35
	2	27/01/2012	27.72	18.21	66.83	17.58	12.66
		30/01/2012	25.66	16.83	72.22	17.74	12.82
		01/02/2012	24.04	14.71	66.21	16.29	11.64
	3	03/02/2012	24.28	15.48	79.34	22.59	12.98
		06/02/2012	25.44	15.03	75.1	21.75	13.09
		08/02/2012	24.9	16.28	74.87	18.76	14.08
	4	10/02/2012	26.31	16.66	71.96	33.08	17.55
		13/02/2012	23.64	16.74	77.41	23.12	12.66
		15/02/2012	23.71	16.92	88.31	19.72	16.65
2	5	17/02/2012	24.5	15.1	77.87	18.1	14.06
		20/02/2012	23.28	14.92	77.71	17.78	13.58
		22/02/2012	29.68	16.32	78.14	19.59	14.65
	6	24/02/2012	25.14	15.6	73.51	17.83	13.21

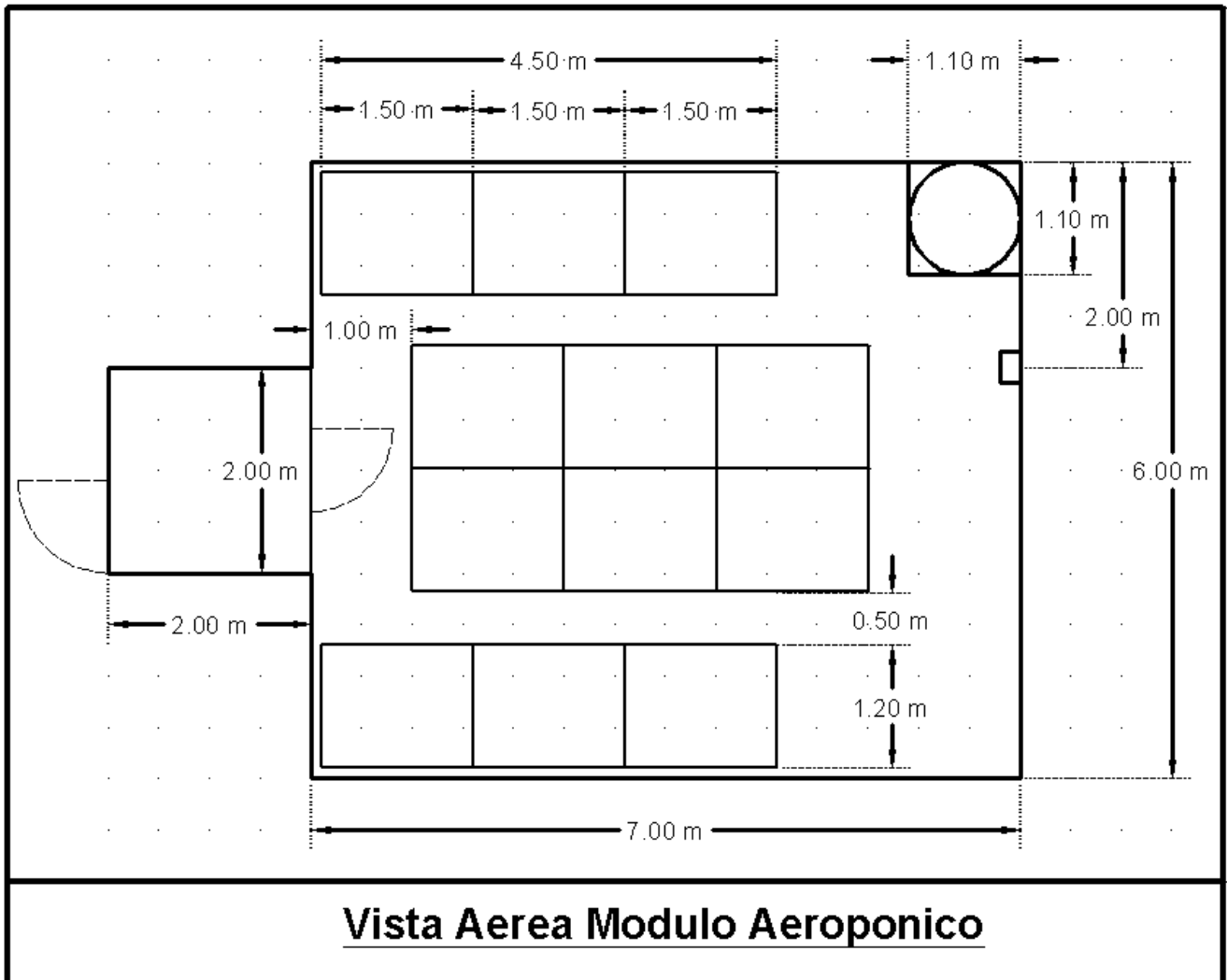
Fuente: Senamhi – Estación Huasacache

Anexo 10. Costos de producción estimados para la instalación de sistema aeropónico.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	PRECIO DE REFERENCIA EN MONEDA NACIONAL S/.
MATERIAL DE LABORATORIO				67.00
Hipoclorito de sodio al 2%	Galón	1	15.00	15.00
Jabón líquido	Galón	1	12.00	12.00
Guantes de látex	Docena	2	18.00	19.00
Alcohol	Litro	1	11.00	11.00
Bisturí	Unidad	4	2.50	10.00
MATERIAL DEL INVERNADERO				1972.00
Tubo cuadrado de 1½" x 6m	Unidad	20	23.00	460.00
Tubo circular de 1½" x 6m	Unidad	4	25.00	100.00
Tubo cuadrado de 3/8" x 3m	Unidad	6	18.50	111.00
Cobertor Agrofílm	Metro	50	16.00	800.00
Malla sombreadora 80%	Metro	8	8.00	64.00
Malla sombreadora de 40%	Metro	8	12.00	96.00
Malla antiafida	Metro	5	8.00	40.00
Tablero nordex	Unidad	1	23.00	23.00
Electrodos	Kilogramo	3	10.00	30.00
Tornillos autoroscantes	Unidad	50	0.20	10.00
Pernos + volandas + tuerca	Metro	100	0.20	20.00
Cerraduras	Unidad	2	20.00	40.00
Letreros autoadhesivos	Unidad	2	4.00	8.00
Plástica negra	Metro	14	6.00	84.00
Pintura epoxica	Galón	2	25.00	50.00
Alambre Galvanizado	Kilogramo	3	12.00	36.00
MATERIAL DE LOS CAJONES				1443.40
Listones de madera de 2"x 2"x0,94 cm	Unidad	44	2.70	118.80
Listones de madera de 2"x 2"x0,80 cm	Unidad	32	2.70	86.40
Listones de madera de 2"x 2"x2,5m	Unidad	24	7.50	180.00
Planchas de tecnopor de 2"x 2,40 x 1,20m	Unidad	30	20.00	600.00
Plástica negra gruesa de 3m de ancho	Metro	28	9.00	252.00
Plástica transparente de 3m de ancho	Metro	15	4.50	67.50
Plástica negra delgada de 3m de ancho	Metro	10	4.50	45.00
Espuma de 2 x1,10	Plancha	1	7.50	7.50
Grapas	Caja	1	6.00	6.00
Rafia	Metro	72	0.40	28.80
Cinta adhesiva gruesa	Unidad	2	5.70	11.40
Empalmes	Unidad	16	1.25	20.00
Tirafones de ¼"	Unidad	100	0.20	20.00

MATERIAL DEL SISTEMA AEROPÓNICO				1251.37
Tanque de 600 lit.	Unidad	1	270.00	270.00
Bomba eléctrica de 0.85 HP	Unidad	1	370.00	370.00
Programador tiempo (Timer) con tablero.	Unidad	1	555.00	555.00
Cable eléctrico n°12	Metro	100	0.58	58.00
Tubo negro de polietileno de 16 mm	Metro	30	0.65	19.50
Tubería de agua pvc de 5m,1"	Unidad	3	21.50	64.50
Kit instalación electrobomba	Unidad	1	30.00	30.00
Unión tipo codo (pvc) de 1"	Unidad	6	2.00	12.00
Unión tipo T de 1"	Unidad	3	2.50	7.50
Unión tipo T de ½"	Unidad	3	1.00	3.00
Unión tipo codo de ½"	Unidad	1	1.00	1.00
Reductor de ¾" a 1"	Unidad	2	1.00	2.00
Reductor de ¾" a ½"	Unidad	1	3.50	3.50
Convector	Unidad	1	30.00	30.00
Llave de paso tipo bola de 1"	Unidad	4	6.50	26.00
Llave de paso de ½"	Unidad	4	2.50	10.00
Válvula de pie	Unidad	1	15.00	15.00
Manómetro	Unidad	1	20.00	20.00
Sumidero de 1"	Unidad	4	6.00	24.00
Microaspersor azud raintec	Unidad	28	2.50	70.00
Cinta teflón	Unidad	2	0.50	1.00
Terrajador de 1"	Unidad	1	29.00	29.00
MATERIAL DE LAS SOLUCIONES NUTRITIVAS				150.00
Solución nutritiva La Molina	Unidad	2	45.00	90.00
Micronutrientes (Fertrilon combi)	Unidad	1	30.00	30.00
Ácido sulfúrico o fosfórico	Kilogramo	0.5	60.00	30.00
OTROS				216.00
Soldadura + Andamios	Jornal	1	100.00	100.00
Flete	Viaje	1	50.00	50.00
Corte y Doblado de tubos	Unidad	3	22.00	66.00
COSTO TOTAL				5099.77

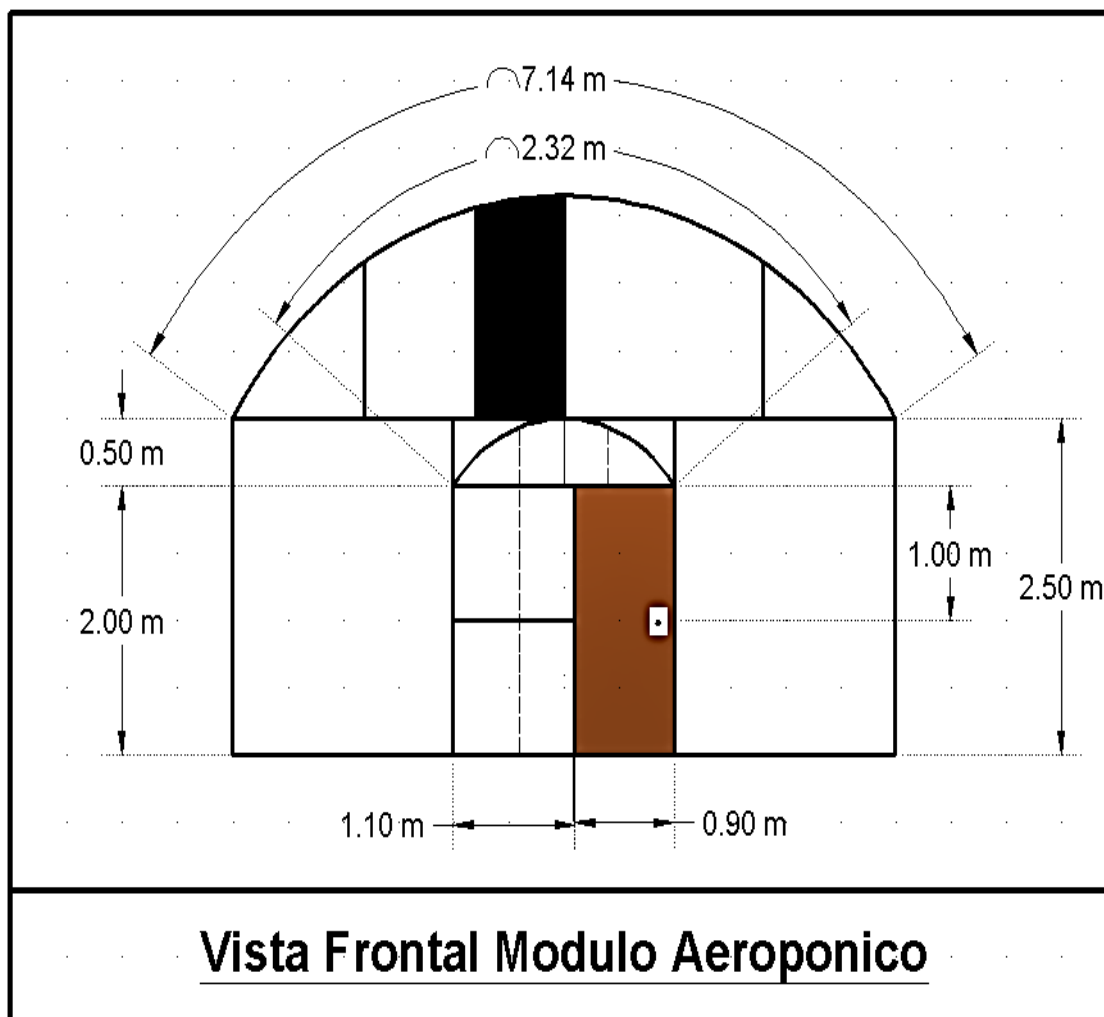
Anexo 11. Vista aérea del Módulo Aeropónico



Escala: 1/6000

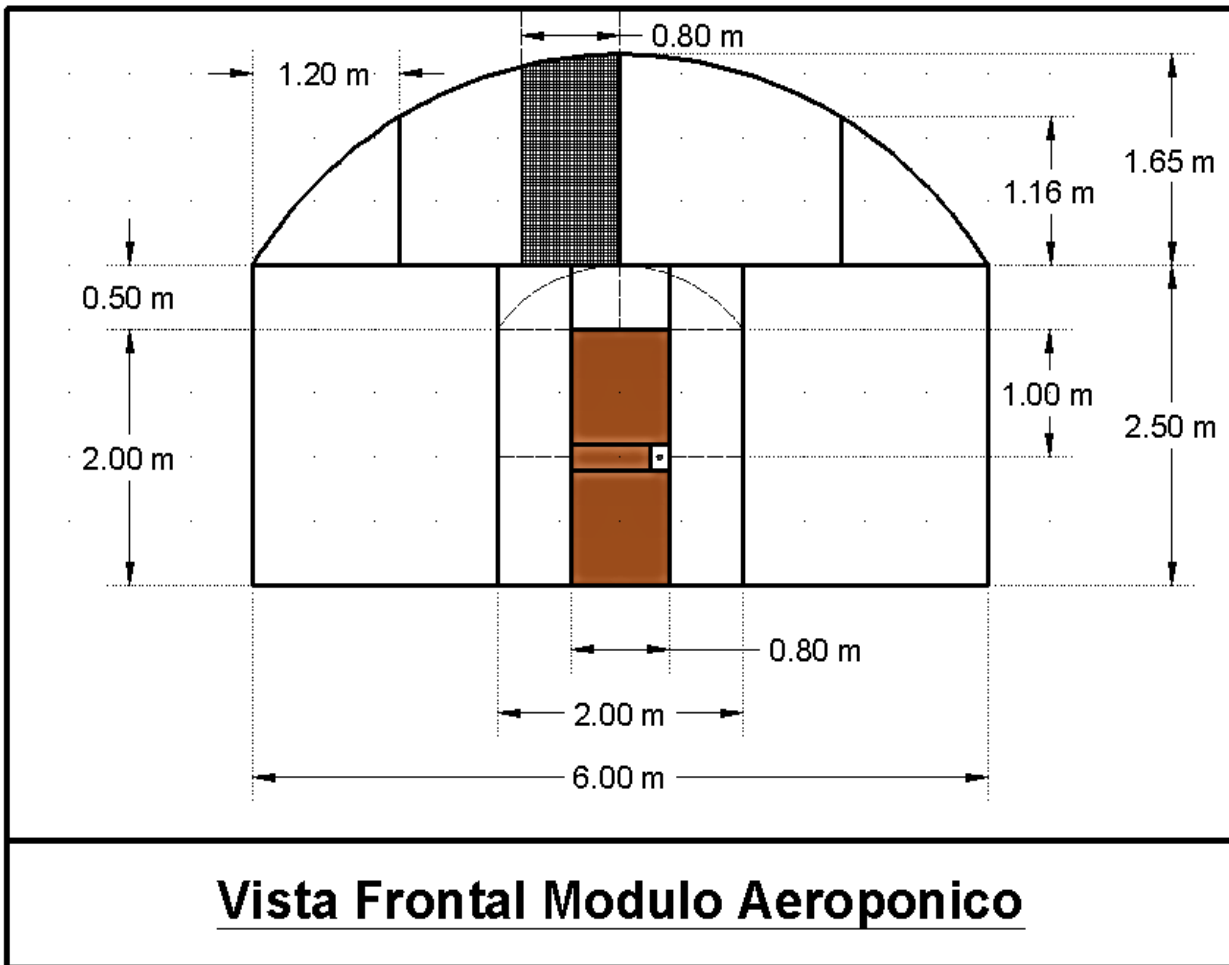
Vista Aerea Modulo Aeroponico

Anexo 12. Vista Frontal del Módulo Aeropónico



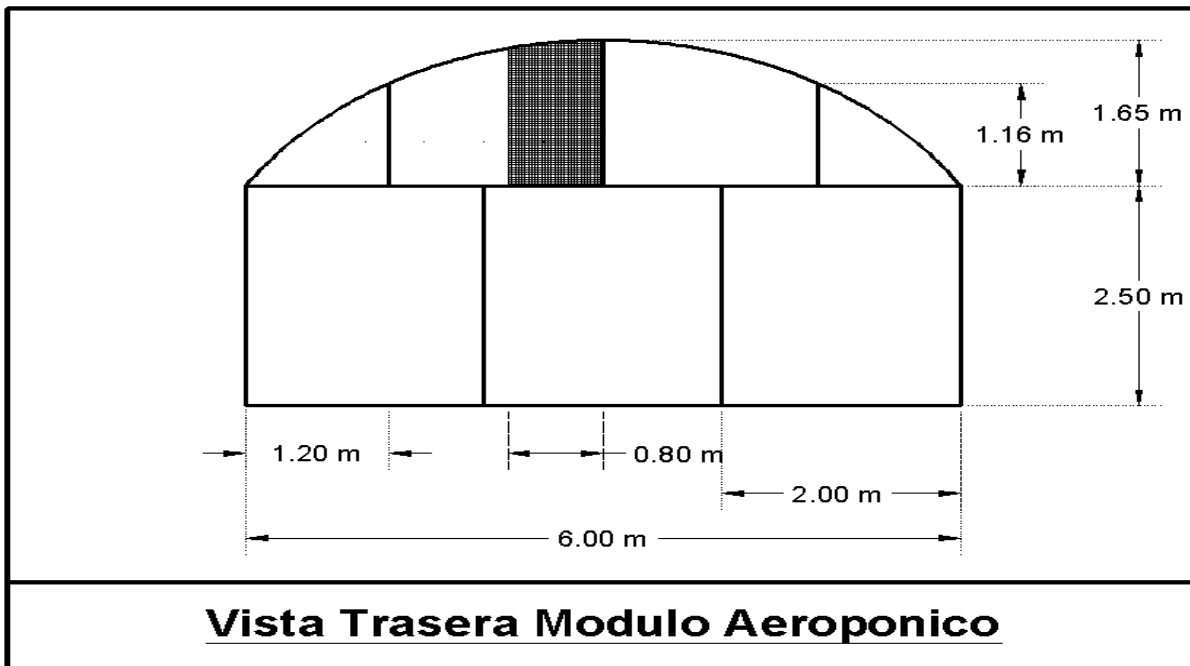
Escala: 1/4700

Anexo 13. Vista Frontal del Módulo Aeropónico



Escala: 1/4700

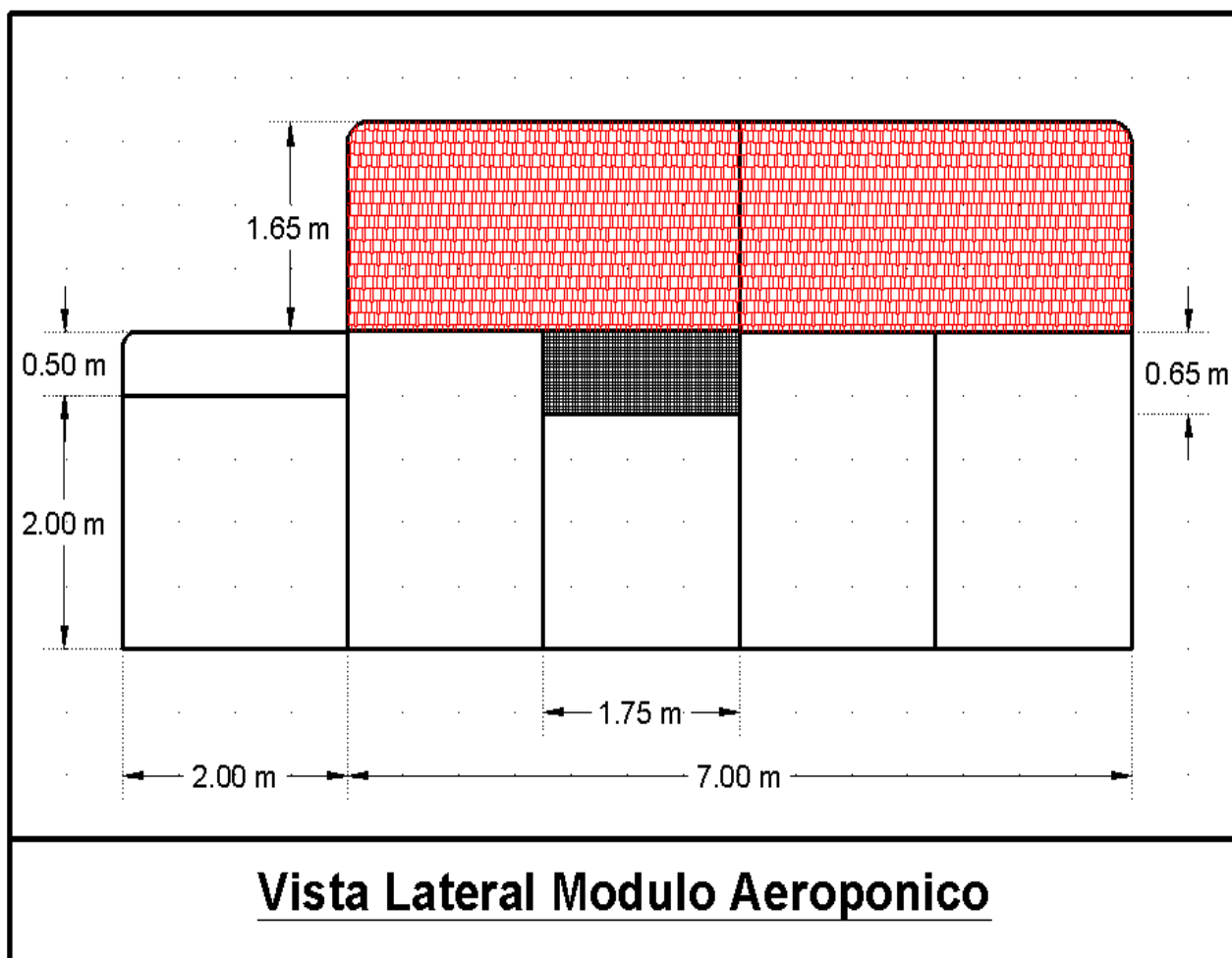
Anexo 14. Vista Trasera del Módulo Aeropónico



Escala: 1/4700

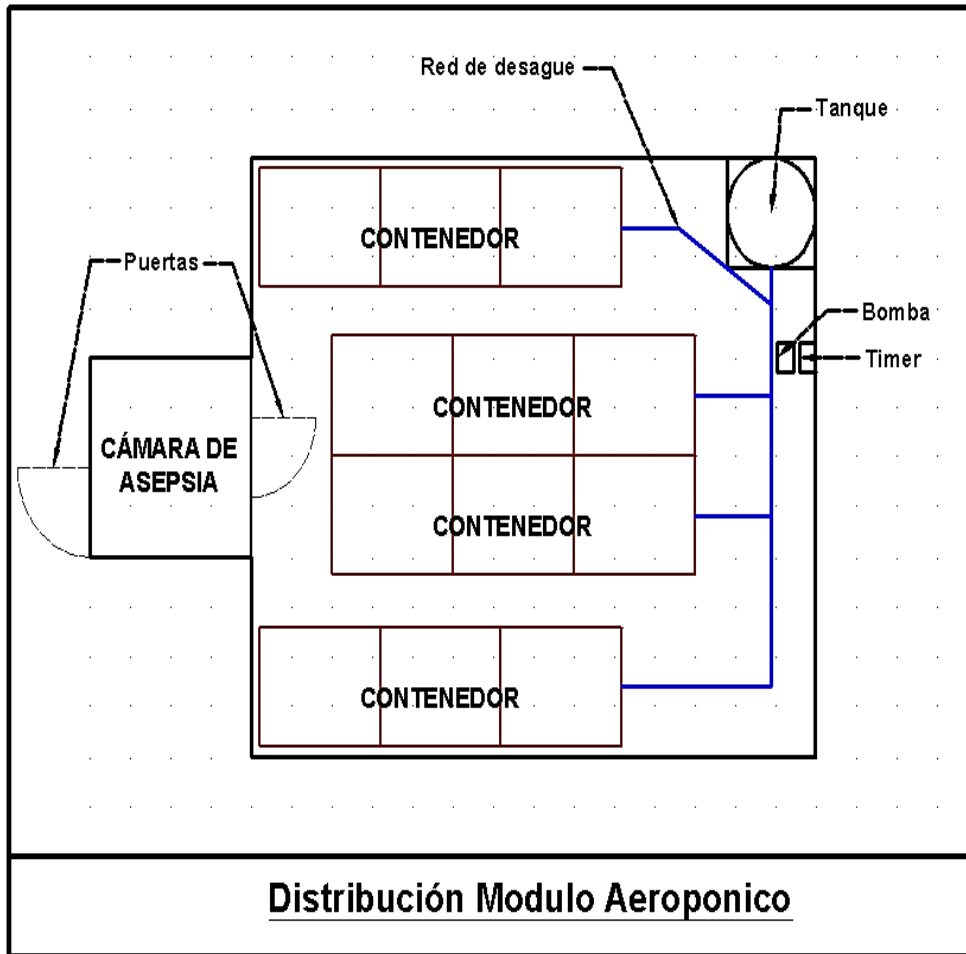


Anexo 15. Vista Lateral del Módulo Aeropónico



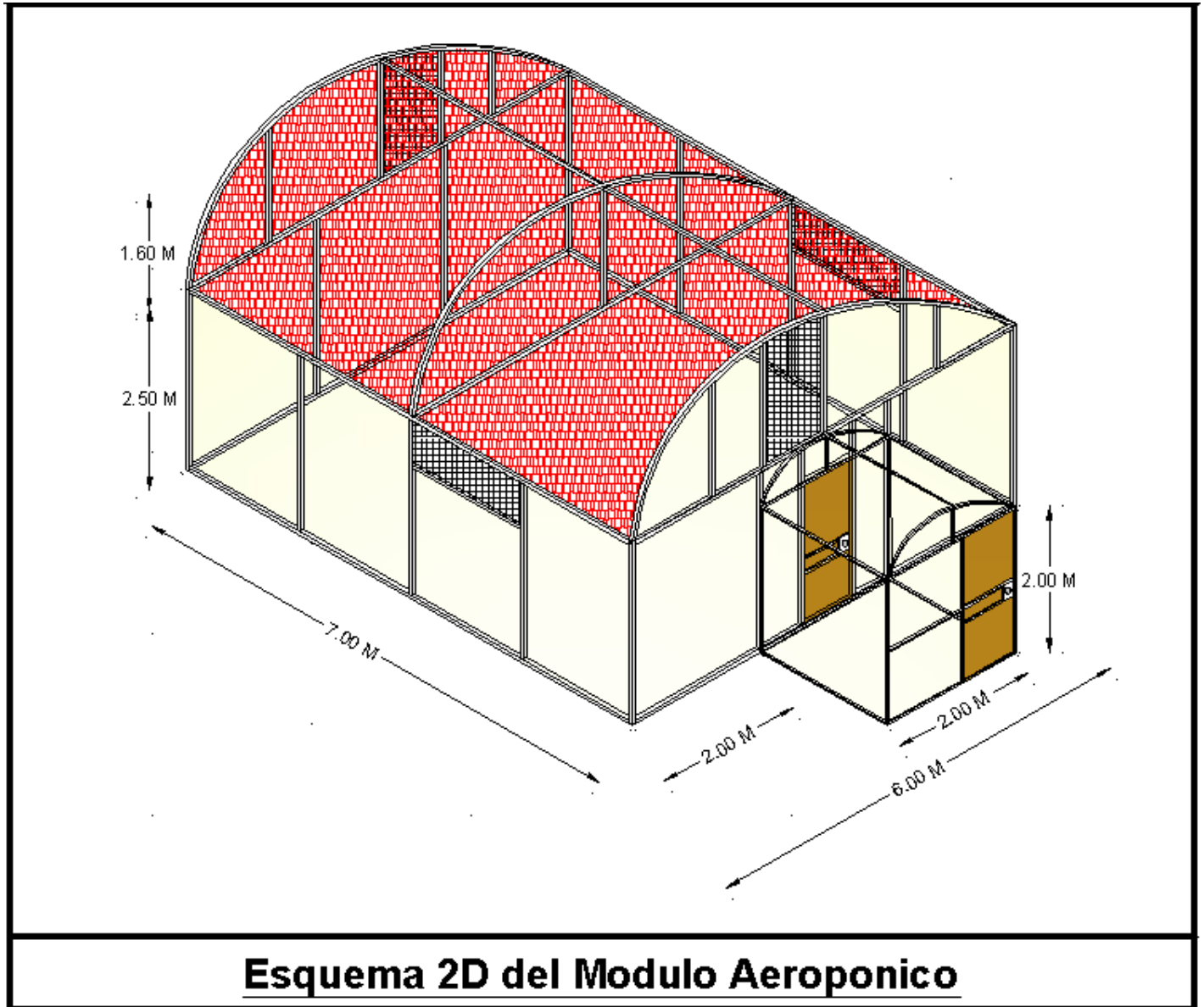
Escala: 1/4700

Anexo 16. Distribución del Módulo Aeropónico



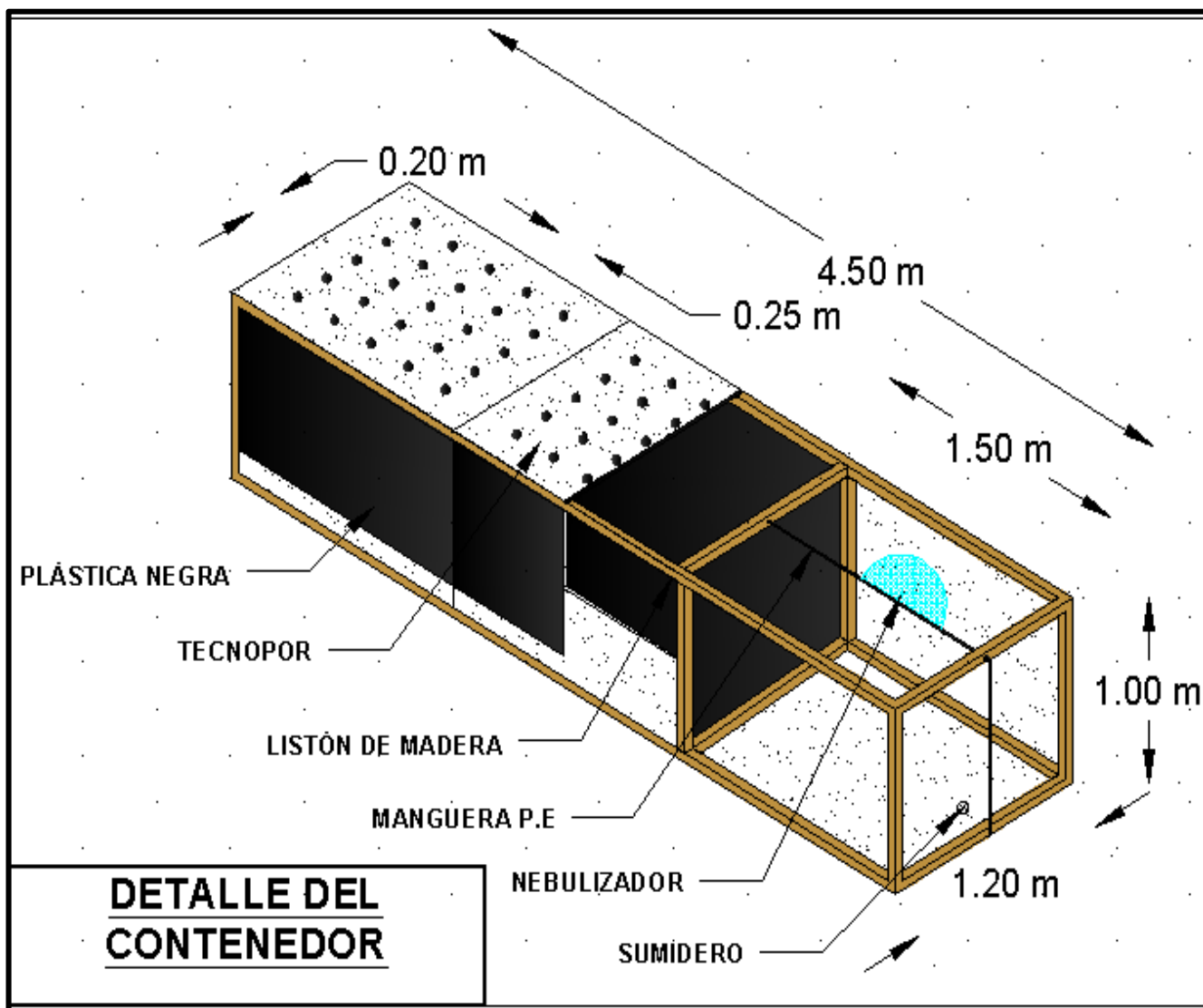
Escala: 1/6000

Anexo 17. Esquema 2D del Módulo Aeropónico



Escala: 1/8500

Anexo 18. Detalle del Contenedor



Escala: 1/3600